



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10326515 A**(43) Date of publication of application: **08.12.98**

(51) Int. Cl. **F21V 8/00**  
**G02B 6/00**  
**G02F 1/1335**  
**G09F 9/00**

(21) Application number: **09351794**(22) Date of filing: **19.12.97**(30) Priority: **28.03.97 JP 09 78211**(71) Applicant: **SHARP CORP**

(72) Inventor: **SAWAYAMA YUTAKA**  
**TSUNODA YUKIHIRO**  
**MASUDA TAKASHI**  
**EBI TAKESHI**

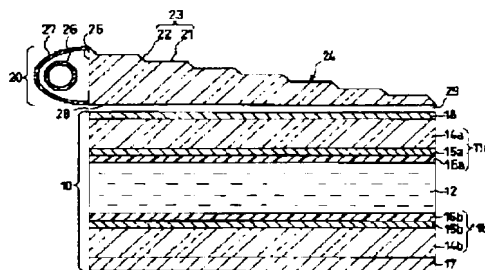
(54) **FRONT LIGHTING SYSTEM AND REFLECTION  
 TYPE LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE  
 PROVIDED WITH THE SYSTEM**

## (57) Abstract:

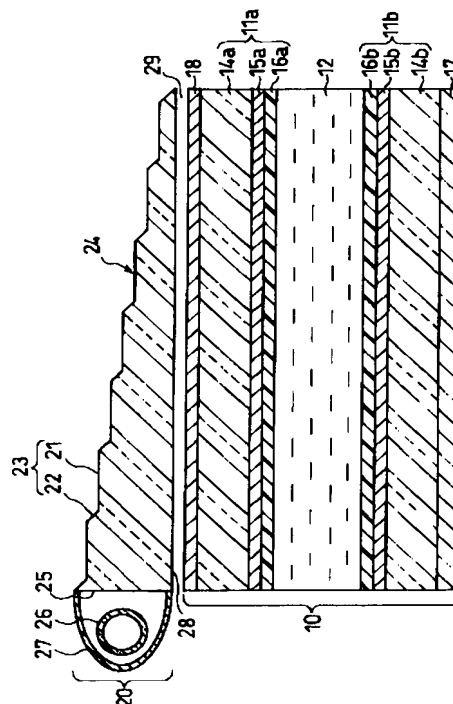
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the utilization factor of the light of a light source, and to provide a front lighting system having a higher brightness by providing a second light outgoing surface in relation to a first light outgoing surface, and forming the second light outgoing surface into the step structure, which is formed by alternately arranging inclined surfaces for mainly reflecting the light from the light source to the first light outgoing surface and flat parts for mainly transmitting the light reflected by the material to be lighted.

**SOLUTION:** This reflection type LCD is provided with a front light 20 in a front surface of a reflection type liquid crystal cell 10. The front light 20 is mainly formed of a light source 26 and a light leading body 24. The light source 26 is arranged along a side surface (incident surface 25) of the light leading body 24. In an interface 23 of the light leading body 24, which faces to an interface 28, flat parts 21, which are formed in parallel or nearly in parallel with the interface 28, and inclined parts 22, which are inclined at a certain angle in the same direction against the flat parts 21, are alternately formed. Among the light of the source light, which entered from the incident surface 25, all components vertical to the incident surface 25 enters the inclined parts 22, and it is reflected to the interface 28.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(11)特許出願公開番号



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光源および導光体を備え、被照明物の前方に配置されて使用される前方照明装置において、上記導光体が、光源から光を入射する入射面と、被照明物へ向けて光を出射する第1の出射面と、上記第1の出射面に対向し、被照明物からの反射光を出射する第2の出射面とを備え、

上記第2の出射面が、主として光源からの光を第1の出射面へ向けて反射する傾斜部と、主として被照明物からの反射光を透過する平坦部とが交互に配置された階段状に形成されていることを特徴とする前方照明装置。

【請求項2】上記導光体を第1の導光体とすると、上記第1の出射面からの出射光の輝度分布を平均化する第2の導光体をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の前方照明装置。

【請求項3】第2の導光体が、第1の導光体の第1の出射面に対向する第1の表面と、上記第1の表面に対向し、第1の導光体から上記第1の表面を通して入射した光を被照明物へ出射する第2の表面とを備えると共に、上記第1の表面と第2の表面とが、第1の導光体の第2の出射面における各傾斜部から上記第2の表面までの距離が略均一になるように形成されていることを特徴とする請求項2記載の前方照明装置。

【請求項4】第1の導光体の屈折率と、第2の導光体の屈折率とがほぼ等しいことを特徴とする請求項3記載の前方照明装置。

【請求項5】第1の導光体と第2の導光体とが一体に形成されていることを特徴とする請求項3記載の前方照明装置。

【請求項6】上記第2の導光体における第2の表面には、第1の導光体における第2の出射面からの光が該第2の表面で反射されることを抑制する光学手段を、第3の導光体として備えていることを特徴とする請求項3、4または5記載の前方照明装置。

【請求項7】上記光学手段は反射防止膜であることを特徴とする請求項6記載の前方照明装置。

【請求項8】上記光学手段は、上記第2の導光体が有する屈折率とほぼ等しい屈折率を有する接着剤により第2の導光体と接着されていることを特徴とする請求項6または7記載の前方照明装置。

【請求項9】第2の導光体が、第1の導光体における第1の出射面からの出射光を散乱させる光散乱体であることを特徴とする請求項2記載の前方照明装置。

【請求項10】上記光散乱体が、所定の角度範囲から入射した光のみを散乱する異方性散乱体であり、第1の導光体からの出射光が第2の導光体へ入射する角度範囲の少なくとも一部が、上記所定の角度範囲に含まれることを特徴とする請求項9記載の前方照明装置。

【請求項11】上記光散乱体が、前方散乱体であることを特徴とする請求項9記載の前方照明装置。

【請求項12】上記第2の導光体は、第1の導光体における第2の出射面からの光が該第1の導光体における第1の出射面で反射することを抑制する光学手段であることを特徴とする請求項2記載の前方照明装置。

【請求項13】上記光学手段は反射防止膜であることを特徴とする請求項12記載の前方照明装置。

【請求項14】上記光学手段は、上記第2の導光体が有する屈折率とほぼ等しい屈折率を有する接着剤により第2の導光体と接着されていることを特徴とする請求項12または13記載の前方照明装置。

【請求項15】第1の導光体と第2の導光体との間に、これらの導光体の間に存在する光学的界面での屈折率差を緩和する充填剤が導入されていることを特徴とする請求項2記載の前方照明装置。

【請求項16】光源と入射面との間に、入射面から第1の導光体における第1の出射面へ直接入射する成分がほぼなくなる範囲に光源からの光の広がり制限する光制御手段をさらに備えたことを特徴とする請求項15記載の前方照明装置。

20 【請求項17】上記入射面が、導光体の側面に存在することを特徴とする請求項1記載の前方照明装置。

【請求項18】第1の出射面に垂直な平面への上記傾斜部の射影の総和が、上記平面への入射面の射影にほぼ等しいことを特徴とする請求項17記載の前方照明装置。

【請求項19】上記入射面と上記第1の出射面とが鈍角をなして配されていることを特徴とする請求項17記載の前方照明装置。

30 【請求項20】光源からの光を上記入射面のみに入射させる集光手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の前方照明装置。

【請求項21】上記傾斜部の上記第1の出射面への射影の総和が、上記平坦部の上記第1の出射面への射影の総和よりも面積が小さいことを特徴とする請求項1記載の前方照明装置。

【請求項22】上記平坦部が、上記第1の出射面と平行であるか、あるいは、上記第1の出射面に対して $10^\circ$ 以下の傾斜角度を有することを特徴とする請求項1記載の前方照明装置。

40 【請求項23】導光体の屈折率を $n_2$ 、上記傾斜部に接する外部媒質の屈折率を $n_1$ とすると、光源から傾斜部へ入射する光の入射角 $\theta$ が下記の不等式を満足することを特徴とする請求項1記載の前方照明装置。

$$\theta \geq \arcsin(n_1/n_2)$$

【請求項24】上記傾斜部の表面に、光を反射させる反射部材が設けられたことを特徴とする請求項1記載の前方照明装置。

50 【請求項25】導光体の屈折率を $n_2$ 、上記傾斜部に接する外部媒質の屈折率を $n_1$ とすると、光源から傾斜部へ入射する光の入射角 $\theta$ が下記の不等式を満足することを特徴とする請求項24記載の前方照明装置。

$0 < \arcsin(n_1/n_2)$

【請求項26】上記反射部材の表面に、遮光部材が設けられたことを特徴とする請求項24記載の前方照明装置

【請求項27】第2の出射面における平坦部からの出射光と傾斜部からの出射光との出射方向をそろえる補償手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の前方照明装置

【請求項28】上記補償手段が、導光体の第2の出射面に対向する第1の表面と、上記第1の表面に対向する第2の表面とを備えると共に、補償手段の第1の表面が、導光体の第2の出射面の傾斜部と略平行な傾斜面と、上記第2の出射面の平坦部と略平行な平坦面とが交互に配置されて、上記第2の出射面と相補する階段状に形成され、上記補償手段の第2の表面が、導光体の第1の出射面と略平行に配置されていることを特徴とする請求項27記載の前方照明装置

【請求項29】上記補償手段において、主として第2の出射面の傾斜部からの出射光が入射する領域と、主として第2の出射面の平坦部からの出射光が入射する領域とが、互いに異なる屈折率を有することを特徴とする請求項27記載の前方照明装置

【請求項30】上記補償手段において、主として第2の出射面の傾斜部からの出射光が入射する領域に、回折素子が設けられたことを特徴とする請求項27記載の前方照明装置

【請求項31】上記補償手段において、主として第2の出射面の傾斜部からの出射光が入射する領域に、遮光部材が設けられたことを特徴とする請求項27記載の前方照明装置

【請求項32】光源と入射面との間に光源からの光の広がり制限する光制御手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の前方照明装置

【請求項33】光制御手段が、入射面から第2の出射面の傾斜部へ直接入射する光の入射角が臨界角よりも大きくなる範囲に光源からの光の広がりを制限することを特徴とする請求項32記載の前方照明装置

【請求項34】光源および導光体を備え、被照明物の前方に配置されて使用される前方照明装置において、上記導光体が、平面状の底面と、上記底面に対向する表面と、光源からの光が入射する入射面とを備え、上記表面が、底面に対して略平行な平坦部と、上記平坦部に対して同方向に傾斜した傾斜部とが交互に配置された階段状に形成されていることを特徴とする前方照明装置

【請求項35】上記導光体に形成されている平坦部のピッチと傾斜部のピッチとの和は、上記入射面から遠ざかるに伴い小さくなっていることを特徴とする請求項1記載の前方照明装置

【請求項36】反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、

上記反射型液晶素子の前面に、請求項1記載の前方照明装置が配置されたことを特徴とする反射型液晶表示装置

【請求項37】反射型液晶素子が走査線を備え、上記走査線のピッチと、前方照明装置の第2の出射面における平坦部のピッチとがほぼ等しく、走査線の上方に平坦部が配置されていることを特徴とする請求項36記載の反射型液晶表示装置

【請求項38】反射型液晶素子が走査線を備え、上記走査線のピッチよりも、前方照明装置の第2の出射面における平坦部のピッチと傾斜部のピッチとの和の方が小さいことを特徴とする請求項36記載の反射型液晶表示装置

【請求項39】反射型液晶素子が走査線を備え、上記走査線のピッチよりも、前方照明装置の第2の出射面における平坦部のピッチと傾斜部のピッチとの和の方が大きいことを特徴とする請求項36記載の反射型液晶表示装置

【請求項40】上記反射型液晶素子が表面に凹凹部を有する反射板を備えていることを特徴とする請求項36から39の何れか1項に記載の反射型液晶表示装置

【請求項41】上記反射板は、反射型液晶素子の液晶層を駆動する液晶駆動電極を兼ねた反射電極であり、該液晶層に隣接して設けられていることを特徴とする請求項40記載の反射型液晶表示装置

【請求項42】前方照明装置が、反射型液晶素子に対して開閉自在に設けられたことを特徴とする請求項36記載の反射型液晶表示装置

【請求項43】反射板を有する反射型液晶素子の前面に、請求項27記載の前方照明装置を備えた反射型液晶表示装置であって、

上記補償手段が、所定の圧力に対して可撓性を有すると共に、

上記補償手段および第2の出射面のそれぞれに、互いに接触することによって圧力が加えられた位置を検出する一対の位置検出手段が設けられたことを特徴とする反射型液晶表示装置

【請求項44】反射型液晶素子が走査線を備え、上記位置検出手段が第2の出射面の平坦部に形成された透明電極を含み、

上記走査線のピッチと、上記透明電極のピッチとがほぼ等しく、走査線の上方に透明電極が配置されていることを特徴とする請求項43記載の反射型液晶表示装置

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被照明物と観察者との間に配置されて使用され、被照明物に光を照射すると共に、被照明物からの反射光を観察者が視認できるよ

うに該反射光を透過させるべく構成された前方照明装置と、この前方照明装置を補助光源として備えた反射型液晶表示装置に関するものである

#### 【0002】

【従来の技術】液晶表示装置は、CRT(Cathode Ray Tube)、PDP(Plasma Display Panel)、あるいはEL(Electro Luminescence)といった他のディスプレイとは異なり、液晶そのものは発光せず、特定の光源からの光の透過量を調節することによって文字や画像を表示する。

【0003】従来の液晶表示装置(以下、LCD:Liquid Crystal Displayと称する)は、透過型LCDと、反射型LCDとに大別することが可能である。透過型LCDは、液晶セルの背面に、光源(バックライト)としての、蛍光管やEL等の面発光光源が配置される。

【0004】一方、反射型LCDは、周囲光を利用して表示を行うため、バックライトを必要とせず、消費電力が少ないという利点がある。さらに、直射日光の当たるような非常に明るい場所では、発光型ディスプレイや透過型LCDは表示がほとんど見えなくなるのに対し、反射型LCDではより鮮明に見える。このため、反射型LCDは、近年益々需要が高まっている携帯情報端末やモバイルコンピュータに適用されている。

【0005】ただし、反射型LCDは、以下のような問題点を有している。つまり、反射型LCDは周囲光を利用するので、表示輝度が周辺環境に依存する度合いが非常に高く、特に、夜間などの暗闇では、表示が全く認識できないこともある。特に、カラー化のためにカラーフィルタを用いた反射型LCDや、偏光板を用いた反射型LCDにおいて、上述の問題は大きく、十分な周囲光が得られない場合に備えて補助照明が必要となる。

【0006】しかし、反射型LCDは液晶セルの背面に反射板が設置されており、透過型LCDのようなバックライトを用いることはできない。反射板として、ハーフミラーを用いた半透過型LCDと呼ばれる装置も提案されているが、その表示特性は透過型とも反射型ともいえない中途半端なものとなり、実用化は難しいと考えられる。

【0007】そこで、周囲が暗い場合の反射型LCDの補助照明として、液晶セルの前面に配置するためのフロントライトシステムが、従来から提案されている。このフロントライトシステムは、一般的に、導光体と、導光体の側面に配置された光源とを備える。導光体側面から入射した光源光は導光体内部を進行し、導光体表面につくられた形状で反射して液晶セル側へ出射する。出射した光は、液晶セルを透過しながら表示情報に応じて調光され、液晶セルの背面側に配置された反射板で反射されることによって、再び導光体を透過して観察者側へ出射される。これにより、観察者は、周囲光量が不十分なくとも、表示の認識が可能となる。

【0008】なお、このようなフロントライトは、例えば特開平5-158034号公報、SID DIGEST P.375(1995)等に掲載されている。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】ここで、SID DIGEST P.375(1995)に掲載されたフロントライトシステムの動作原理について、図51を参照しながら簡単に説明する。上記フロントライトシステムにおいて、平坦部101aおよび傾斜部101bから形成される界面101を有する導光体104の一方の側面を、光源106からの光が入射する入射面105とする。すなわち、光源106は、導光体104の入射面105に対向する位置に配置されている。

【0010】光源106から入射面105を通して導光体104に入射した光のうち、あるものは直進し、あるものは導光体104とその周辺媒質との界面101・108に入射する。このとき、導光体104の周辺媒質が空気であるものとし、導光体104の屈折率が1.5程度であるとすると、スネルの法則(式1)から、界面101・108に対する入射角が約41.8°以上の光は、界面101・108で全反射することが分かる。

$$【0011】n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

$$\theta_2 = \arcsin(n_1/n_2) \cdots \cdots (式1)$$

ただし、 $n_1$ は第1の媒質(ここでは導光体104)の屈折率、 $n_2$ は第2の媒質(ここでは空気)の屈折率、 $\theta_1$ は導光体104から界面101への入射角、 $\theta_2$ は界面101から第2の媒質への出射角、 $\theta_c$ は臨界角、である。

【0012】界面101・108に入射した光の中で、反射面である傾斜部101bで全反射した光と、界面108で全反射した後、界面101の傾斜部101bで反射した光は、液晶セル110に入射する。液晶セル110に入射した光は、図示しない液晶層により調光された後、液晶セル110の背面に設けられた反射板111により反射され、導光体104に再び入射して平坦部101aを透過し、観察者109側へ出射される。

【0013】また、光源106から入射面105を通り、傾斜部101bではなく平坦部101aに入射した光は、界面101と界面108との間で、傾斜部101bに到達するまで全反射を繰り返しつつ伝搬する。なお、観察者109側から見た傾斜部101bの面積は、平坦部101aの面積に比べて、十分に小さく形成されている。

【0014】上記従来のフロントライトシステムは、以下の問題を有する。

(1) 図52に示すように、全反射を繰り返しても傾斜部101bに到達できない光や、入射面105に対して略垂直に入射した光は、入射面105に対向する面107から導光体104の外へ出射する光114となり、表示に利用され得ない。すなわち、光の利用効率が悪い。

(2) 傾斜部101bと平坦部101aとから構成される界面101の形状は、ちょうどプリズムシートの頂点を平らにした形状に似ており、図52に示すように、周囲光115が観察者109側へ反射され易く、表示品位の低下につながる

【0015】これらの問題は、従来のフロントライトシステムの大半に共通しており、光源光の利用効率の向上が望まれている

【0016】本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、その目的は、光源光の利用効率を向上させるとともに、被照明物に対して均一且つより明るい照明を可能とする前方照明装置と、この前方照明装置を用いた反射型の液晶表示装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、請求項1記載の前方照明装置は、光源および導光体を備え、被照明物の前方に配置されて使用される前方照明装置において、上記導光体が、光源から光を入射する入射面と、被照明物へ向けて光を出射する第1の出射面と、上記第1の出射面に対向し、被照明物からの反射光を出射する第2の出射面とを備え、上記第2の出射面が、主として光源からの光を第1の出射面へ向けて反射する傾斜部と、主として被照明物からの反射光を透過する平坦部とが交互に配置された階段状に形成されていることを特徴とする。

【0018】上記の構成では、第1の出射面から被照明物へ照明光が出射され、被照明物からの反射光は、上記第1の出射面から再び導光体内へ戻り、第2の出射面の平坦部を透過して観察者側へ到達する。上記の構成の導光体は、第1の出射面に対向する第2の出射面が、傾斜部および平坦部が交互に配置された階段状に形成され、さらに、平坦部と平坦部との間に位置する傾斜部が主として光源からの光を第1の出射面へ向けて反射するので、光源から入射した光のうち、平坦部に平行な成分のすべてが、上記傾斜部にて反射して第1の出射面から被照明物へ照射されることとなる。これにより、略平板状に形成された導光体を有する従来の構成と比較すると、本発明の前方照明装置では、平坦部に平行に進行する光の成分が導光体の外へ漏れることなく、被照明物へ照射される。従って、光源光の利用効率が向上し、より明るい前方照明装置を提供できる。

【0019】請求項2記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、上記導光体を第1の導光体とすると、上記第1の出射面からの出射光の輝度分布を平均化する第2の導光体をさらに備えたことを特徴とする。

【0020】本発明の前方照明装置は、第1の導光体が階段状に形成されていることから、第2の出射面の傾斜部から第1の出射面までの距離が、光源からの距離に比例して小さくなる。それゆえ、第1の出射面から出射する光の輝度分布が均一でないことがある。上記の構成

は、第2の導光体を備えたことにより、被照明物への出射光の輝度分布が平均化される。この結果、輝度むらのない面光源として機能する前方照明装置を提供できる

【0021】請求項3記載の前方照明装置は、請求項2記載の構成において、第2の導光体が、第1の導光体の第1の出射面に対向する第1の表面と、上記第1の表面に対向し、第1の導光体から上記第1の表面を通過して入射した光を被照明物へ出射する第2の表面とを備え、と共に、上記第1の表面と第2の表面とが、第1の導光体の第2の出射面における各傾斜部から上記第2の表面までの距離が略均一になるように形成されていることを特徴とする。

【0022】上記の構成では、第2の導光体を備えたことにより、第1の導光体において光源からの光が反射する第2の出射面の傾斜部のそれぞれから、被照明物への出射面となる第2の導光体の第2の表面までの距離が均一化され、上記第2の表面からの出射光の輝度分布が平均化される。この結果、輝度むらのない面光源として機能する前方照明装置が実現される。

【0023】請求項4記載の前方照明装置は、請求項3記載の構成において、第1の導光体の屈折率と、第2の導光体の屈折率とがほぼ等しいことを特徴とする。

【0024】上記の構成によれば、第1の導光体の屈折率と第2の導光体の屈折率とがほぼ等しいことにより、第1の導光体において第2の斜面の傾斜部で反射した光が、そのままの角度で被照明物に向かって出射することとなる。この結果、第2の導光体への入射時または第2の導光体からの出射時の屈折による光の軌跡の変化を考慮しなくて済み、設計が容易となるという利点がある。

【0025】請求項5記載の前方照明装置は、請求項3記載の構成において、第1の導光体と第2の導光体とが一体に形成されていることを特徴とする。

【0026】上記の構成によれば、第1の導光体と第2の導光体とが一体に形成されたことにより、製造が容易であるという利点がある。

【0027】請求項6記載の前方照明装置は、請求項3、4または5記載の構成において、上記第2の導光体における第2の表面には、第1の導光体における第2の出射面からの光が該第2の表面で反射されることを抑制する光学手段を、第3の導光体として備えていることを特徴とする。

【0028】通常、第2の導光体における第2の表面では、第1の導光体の第2の出射面に形成されている傾斜部からの光の一部が反射されて反射光となる。この反射光の発生により、第1の導光体における第1の出射面から第2の出射面へ反射像が形成される。その結果、この反射像と、上記傾斜部における像とが互いに干渉または回折し、観察者から見て、被照明物の表面に輝度分布のムラや虹色の分光が生じることになる

【0029】しかしながら、上記の構成によれば、前方

照明装置が第3の導光体として上記光学手段を備えているため、傾斜部からの入射光が第2の表面で反射されて生ずる反射光の発生を抑制することができる。それゆえ、微小光源部として作用する傾斜部における像と、反射光による反射像との干渉または回折を防止することができる。そのため、観察者側（第2の出射面）にて観察される表示上の輝度分布のムラや虹色の分光の発生を防止することができる。

【0030】請求項7記載の前方照明装置は、請求項6記載の構成において、上記光学手段が反射防止膜であることを特徴とする。

【0031】上記の構成によれば、光学手段として、市販されている反射防止膜（反射防止フィルム）をそのまま用いることができるため、前方照明装置の製造コストの上昇を抑制することができる。そのため、安価な前方照明装置を提供することができる。

【0032】請求項8記載の前方照明装置は、請求項6または7記載の構成において、上記光学手段は、上記第2の導光体が有する屈折率とほぼ等しい屈折率を有する接着剤により第2の導光体と接着されていることを特徴とする。

【0033】上記の構成によれば、光学手段は、第2の導光体の屈折率とほぼ等しい屈折率の接着剤にて接着されているため、第2の導光体内の光の入出力条件をほぼ変えることなく反射防止効果を向上することができる。

【0034】請求項9記載の前方照明装置は、請求項2記載の構成において、第2の導光体が、第1の導光体における第1の出射面からの出射光を散乱させる光散乱体であることを特徴とする。

【0035】上記の構成では、第2の導光体としての光散乱体が、第1の導光体からの出射光を散乱させることにより、被照明物への出射光の輝度分布が平均化される。この結果、輝度むらのない面光源として機能する前方照明装置が実現される。

【0036】請求項10記載の前方照明装置は、請求項9記載の構成において、上記光散乱体が、所定の角度範囲から入射した光のみを散乱する異方性散乱体であり、第1の導光体からの出射光が第2の導光体へ入射する角度範囲の少なくとも一部が、上記所定の角度範囲に含まれることを特徴とする。

【0037】上記の構成によれば、例えば観察者の方向へ出力する光など、上記所定の角度範囲以外に入射光には、上記光散乱体としての異方性散乱体は作用しないので、不要な散乱光によって被照明物の像が劣化することが抑制される。また、第2の導光体としての光散乱体が散乱させる入射光の角度範囲に、第1の導光体からの出射光が入射することにより、効率的に入射光を散乱させることができる。この結果、輝度むらがなく明るい面光源として機能すると共に、被照明物の鮮明な像が得られる前方照明装置が実現される。

【0038】請求項11記載の前方照明装置は、請求項9記載の構成において、上記光散乱体が、前方散乱体であることを特徴とする。

【0039】上記の構成によれば、第2の導光体としての光散乱体が、第1の導光体から入射した光を、この光の進行方向側へのみ散乱させる前方散乱体であることにより、第1の導光体から入射した光の後方散乱がなくなる。これにより、光の利用効率がさらに向上すると共に、後方散乱光によって被照明物の像が劣化することが防止される。この結果、輝度むらがなく明るい面光源として機能すると共に、被照明物の鮮明な像が得られる前方照明装置が実現される。

【0040】請求項12記載の前方照明装置は、請求項2記載の構成において、上記第2の導光体は、第1の導光体における第2の出射面からの光が該第1の導光体における第1の出射面で反射することを抑制する光学手段であることを特徴とする。

【0041】通常、第1の導光体における第1の出射面では、第2の出射面に形成されている傾斜部からの光が反射されて反射光となる。この反射光の発生により、第1の導光体における第1の出射面から第2の出射面へ反射像が形成される。その結果、この反射像と、上記傾斜部における像とが互いに干渉または回折し、観察者から見て、被照明物の表面に輝度分布のムラや虹色の分光が生じることになる。

【0042】しかしながら、上記の構成によれば、前方照明装置が第2の導光体として、上記光学手段を備えているため、傾斜部からの入射光が第1の出射面で反射されて生ずる反射光の発生を抑制することができる。それゆえ、微小光源部として作用する傾斜部における像と、反射光による反射像との干渉または回折を防止することができる。そのため、観察者側（第2の出射面）にて観察される表示上の輝度分布のムラや虹色の分光の発生を防止することができる。

【0043】請求項13記載の前方照明装置は、請求項12記載の構成において、上記光学手段が反射防止膜であることを特徴とする。

【0044】上記の構成によれば、光学手段として、市販されている反射防止膜（反射防止フィルム）をそのまま用いることができるため、前方照明装置の製造コストの上昇を抑制することができる。そのため、安価な前方照明装置を提供することができる。

【0045】請求項14記載の前方照明装置は、請求項12または13記載の構成において、上記光学手段は、第1の導光体が有する屈折率とほぼ等しい屈折率を有する接着剤により第1の導光体と接着されていることを特徴とする。

【0046】上記の構成によれば、光学手段は、第1の導光体の屈折率とほぼ等しい屈折率の接着剤にて接着されているため、第1の導光体内の光の入出力条件をほぼ

変えることにより反射防止効果を向上することができる。

【0047】請求項15記載の前方照明装置は、請求項2記載の構成において、第1の導光体と第2の導光体との間に、これらの導光体の間に存在する光学的界面での屈折率差を緩和する充填剤が導入されていることを特徴とする。

【0048】上記の構成によれば、第1の導光体と第2の導光体との間に空気層が存在する場合と比較して、第1の導光体と第2の導光体との間に存在する光学的界面での反射による光の減衰が抑制される。この結果、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい面光源としての前方照明装置が実現される。なお、第1の導光体および第2の導光体の少なくとも一方の屈折率と、充填剤の屈折率とを等しくすれば、第1の導光体と第2の導光体との間の光学的界面の数を減らすことができるので、より効果的である。

【0049】請求項16記載の前方照明装置は、請求項15記載の構成において、光源と入射面との間に、入射面から第1の導光体における第1の出射面へ直接入射する成分がほぼなくなる範囲に光源からの光の広がり

を制限する光制御手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0050】上記の構成では、第1の導光体と第2の導光体との間に存在する光学的界面での屈折率差を緩和する充填剤が導入されていることにより、第1の導光体と第2の導光体との間に空気層が存在する場合と比較して、光源から第1の出射面へ直接入射する光のうち、第1の出射面を透過して第2の導光体へ入射する成分が多くなる。この成分の中には、比較的大きな入射角で第2の導光体へ入射し、被照明物の照明に寄与し得ないものも存在する。このため、上記の構成は、光制御手段が光源からの光の広がり

を制限することにより、入射面から導光体へ入射する光のうち、第1の出射面へ直接入射する成分をほとんどなくすることができる。これにより、第1の出射面から第2の導光体へ比較的大きな入射角で入射する成分を少なくすることができる。この結果、光の利用効率がさらに向上され、明るい前方照明装置が実現される。

【0051】請求項17記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、上記入射面が、導光体の側面に存在することを特徴とする。

【0052】上記の構成によれば、導光体の側面から光が入射することにより、観察者からは光源が直接見えな

いという利点がある。これにより、光源からの直接光が被照明物の像に影響を及ぼさず、鮮明な被照明物像が得られる前方照明装置が実現される。

【0053】請求項18記載の前方照明装置は、請求項17記載の構成において、第1の出射面に垂直な平面への上記傾斜部の射影の総和が、上記平面への入射面の射影にほぼ等しいことを特徴とする。

【0054】上記の構成によれば、導光体の入射面から入射した光のうち、第1の出射面に平行な成分のすべてが傾斜部へ入射し、第1の出射面へ向けて反射する。これにより、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい前方照明装置を提供することができる。

【0055】請求項19記載の前方照明装置は、請求項17記載の構成において、上記入射面と上記第1の出射面とか鈍角をなして配されていることを特徴とする。

【0056】上記の構成によれば、入射面と第1の出射面とか鈍角をなして配されていることにより、入射面から入射した光源光のうち、第1の出射面へ直接入射する成分が少なくなる。これにより、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい前方照明装置が実現される。

【0057】請求項20記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、光源からの光を上記入射面のみに入射させる集光手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0058】上記の構成によれば、光源光の損失をさらに少なくできるので、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい面光源としての前方照明装置が実現される。

【0059】請求項21記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、上記傾斜部の上記第1の出射面への射影の総和が、上記平坦部の上記第1の出射面への射影の総和よりも面積が小さいことを特徴とする。

【0060】第1の出射面へ入射する被照明物からの反射光は、第2の出射面における平坦部を通過して観察者側へ出射するので、明るく鮮明な像を得るためには、傾斜部の射影の総和が平坦部の射影の総和よりも極力小さいことが好ましい。上記の構成によれば、主として被照明物の像の表示に寄与する平坦部の面積が見かけ上増加する。この結果、明るく鮮明な像が得られる前方照明装置が実現される。

【0061】請求項22記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、上記平坦部が、上記第1の出射面と平行であるか、あるいは、上記第1の出射面に対して $10^\circ$ 以下の傾斜角度を有することを特徴とする。

【0062】被照明物の像の表示品位に対する影響を考慮すれば、第2の出射面における平坦部の、第1の出射面に対する傾斜角度を $0 \sim 10^\circ$ の範囲とすることが好ましい。

【0063】請求項23記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、導光体の屈折率を $n_2$ 、上記傾斜部に接する外部媒質の屈折率を $n_1$ とすると、光源から傾斜部へ入射する光の入射角 $\theta$ が下記の不等式を満足することを特徴とする。

$$\theta \geq \arcsin(n_1/n_2)$$

光源から第2の出射面の傾斜部へ入射する光は、この傾斜部で全反射することか好ましい。傾斜部への入射角 $\theta$ が上記の条件を満たせば、傾斜部への入射光は全反射す



る。これにより、光源からの光が傾斜部から観察者側へ漏れることがなく、光の利用効率がさらに向上する。この結果、明るい面光源として機能する前方照明装置が実現される。

【0065】請求項24記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、上記傾斜部の表面に、光を反射させる反射部材が設けられたことを特徴とする。

【0066】光源から第2の出射面の傾斜部へ入射する光は、この傾斜部で全反射することが好ましい。上記傾斜部に反射部材を設けることにより、傾斜部への入射光は、その入射角に関わらず全反射する。これにより、光源からの光が傾斜部から観察者側へ漏れることがなく、光の利用効率がさらに向上する。この結果、明るい面光源として機能する前方照明装置が実現される。

【0067】請求項25記載の前方照明装置は、請求項24記載の構成において、導光体の屈折率を $n_1$ 、上記傾斜部に接する外部媒質の屈折率を $n_2$ とすると、光源から傾斜部へ入射する光の入射角 $\theta$ が下記の不等式を満たすことを特徴とする。

$$\theta < \arcsin(n_1/n_2)$$

光源から傾斜部へ入射する光の入射角 $\theta$ は、平坦部に対する傾斜部の傾斜角度が大きくなるほど小さくなる。第2の出射面の傾斜部に反射部材を設ければ、傾斜部への入射光は、その入射角に関わらず全反射し、傾斜部を透過して観察者側へ出射することはない。これにより、光源から傾斜部へ入射する光の入射角 $\theta$ が上記の不等式を満たす範囲まで、平坦部に対する傾斜部の傾斜角度を大きく設計することが可能となる。この結果、平坦部の法線方向から見た場合に、被照明物の像の表示に寄与しない傾斜部が視認されにくくなり、被照明物の像の表示品位の向上が図れる。

【0069】請求項26記載の前方照明装置は、請求項24記載の構成において、上記反射部材の表面に、遮光部材が設けられたことを特徴とする。

【0070】上記の構成では、傾斜部の表面に反射部材が設けられているので、周囲光がこの反射部材で反射して観察者の目に入り、被照明物の像の表示品位を劣化させるおそれがある。このため、上記反射部材の表面に、周囲光が観察者へ向けて反射することを防止する遮光部材を設けたことにより、鮮明な被照明物像が得られる前方照明装置を提供することかてきる。

【0071】請求項27記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、第2の出射面における平坦部からの出射光と傾斜部からの出射光との出射方向をそろえる補償手段をさらに備えたことを特徴としている。

【0072】第2の出射面は、平坦部および傾斜部が交互に配置された階段状に形成されているので、第1の出射面から導光体へ入射した被照明物からの反射光は、第2の出射面の平坦部および傾斜部のそれぞれから互いに異なる方向へ出射することとなり、被照明物の像のにじ

みやボケを招来するおそれがある。このため、第2の出射面の平坦部からの出射光と、傾斜部からの出射光との出射方向をそろえる補償手段を備えることにより、被照明物の鮮明な像を得ることが可能となる。

【0073】請求項28記載の前方照明装置は、請求項27記載の構成において、上記補償手段が、導光体の第2の出射面に対向する第1の表面と、上記第1の表面に対向する第2の表面とを備えると共に、補償手段の第1の表面が、導光体の第2の出射面の傾斜部と略平行な傾斜面と、上記第2の出射面の平坦部と略平行な平坦面とが交互に配置されて、上記第2の出射面と相補する階段状に形成され、上記補償手段の第2の表面が、導光体の第1の出射面と略平行に配置されていることを特徴とする。

【0074】上記の構成によれば、導光体の第1の出射面から被照明物へ向けて出射した光は、被照明物で反射して、上記第1の出射面から再び導光体内部へ戻り、図21に示すように、第2の出射面の平坦部(21)および傾斜部(22)のそれぞれから、互いに異なる方向へ出射する。ここで、上記第2の出射面に対向する位置に配置された補償手段(64)の第1の表面(64a)

が、導光体の第2の出射面と相補する階段状に形成されていることにより、平坦部(21)から出射する光(69a)は補償手段の第1の表面の平坦面へ入射し、傾斜部(22)から出射する光(68a)は第1の表面の傾斜面へ入射し、ほぼ等しい方向へ出射する光(68b・69b)となって第2の表面から出射する。このように、平坦部からの出射光の出射方向と、傾斜部からの出射光の出射方向とがそろえられることにより、にじみやボケのない鮮明な被照明物像を得ることが可能となる。

【0075】請求項29記載の前方照明装置は、請求項27記載の構成において、上記補償手段において、主として第2の出射面の傾斜部からの出射光が入射する領域と、主として第2の出射面の平坦部からの出射光が入射する領域とが、互いに異なる屈折率を有することを特徴とする。

【0076】上記の構成では、主として傾斜部からの出射光が入射する領域と、主として平坦部からの出射光が入射する領域とが、互いに異なる屈折率を有する補償手段によって、傾斜部および平坦部のそれぞれからの出射方向がそろえられる。この結果、にじみやボケのない鮮明な被照明物像が得られる前方照明装置を提供することが可能となる。

【0077】請求項30記載の前方照明装置は、請求項27記載の構成において、上記補償手段において、主として第2の出射面の傾斜部からの出射光が入射する領域に、回折素子が設けられたことを特徴とする。

【0078】上記の構成では、主として傾斜部からの出射光が入射する領域に回折素子が設けられたことにより、傾斜部および平坦部のそれぞれからの出射方向が揃

えられる。この結果、にじみやボケのない鮮明な被照明物像が得られる前方照明装置が実現される。

【0079】請求項31記載の前方照明装置は、請求項27記載の構成において、上記補償手段において、主として第2の出射面の傾斜部からの出射光が入射する領域に、遮光部材が設けられたことを特徴とする

【0080】上記の構成では、主として傾斜部からの出射光が入射する領域に、光を透過させない遮光部材が設けられたことによって、導光体の第2の出射面から出射する光は、平坦部からの出射光のみとなる。これにより、にじみやボケのない鮮明な被照明物像が得られる前方照明装置が実現される。

【0081】請求項32記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、光源と入射面との間に光源からの光の広がり制限する光制御手段をさらに備えたことを特徴とする

【0082】光源からの光は、主として第2の出射面の傾斜部にて反射するが、傾斜部にて全反射せずに導光体外部へ漏れる成分を少なくするためには、光源からの光にある程度の指向性を持たせて、上記傾斜部に臨界角よりも小さい角度で入射する成分を少なくすることが好ましい。このため、上記の構成は、光源からの光の広がりを制限する光制御手段を備えたことにより、傾斜部からの漏れ光が少なくなり、光の利用効率がさらに向上すると共に、被照明物の像のにじみやボケが防止される。この結果、明るく且つ鮮明な被照明物像が得られる面光源としての前方照明装置が実現される

【0083】請求項33記載の前方照明装置は、請求項32記載の構成において、光制御手段が、入射面から第2の出射面の傾斜部へ直接入射する光の入射角が臨界角よりも大きくなる範囲に光源からの光の広がりを制限することを特徴とする。

【0084】上記の構成によれば、光制御手段が光源からの光の広がりを制限することにより、入射面から傾斜部へ直接入射する光のうち、臨界角よりも小さい入射角で入射する成分をなくすることができる。これにより、傾斜部からの漏れ光が少なくなり、光の利用効率がさらに向上すると共に、被照明物の像のにじみやボケが防止される。この結果、明るく且つ鮮明な被照明物像が得られる面光源としての前方照明装置が実現される。

【0085】請求項34記載の前方照明装置は、光源および導光体を備え、被照明物の前方に配置されて使用される前方照明装置において、上記導光体が、平面状の底面と、上記底面に対向する表面と、光源からの光が入射する入射面とを備え、上記表面が、底面に対して略平坦な平坦部と、上記平坦部に対して同方向に傾斜した傾斜部とか交互に配置された階段状に形成されていることを特徴とする。

【0086】上記の構成によれば、導光体の表面が、傾斜部および平坦部が交互に配置された階段状に形成され

ている。これにより、本発明の前方照明装置では、平坦部に平行に進行する光の成分が導光体の外へ漏れることなく、傾斜部で反射して被照明物へ照射される。それゆえ、略平板状に形成された導光体を有する従来の構成と比較して、光源光の利用効率が向上する。この結果、明るい前方照明装置が実現される

【0087】請求項35記載の前方照明装置は、請求項1記載の構成において、上記導光体に形成されている平坦部のピッチと傾斜部のピッチとの和は、上記入射面から遠さかるに伴い小さくなっていることを特徴とする。

【0088】上記の構成によれば、平坦部のピッチと傾斜部のピッチとの和が光源から遠さかるに伴って小さくなっているため、上記傾斜部の単位面積当たりの数が光源から遠さかるに伴い増加することになる。この傾斜部の増加に伴い、被照明物の表面における輝度は、光源から遠さかる位置ほど向上する。通常、光源から遠い位置ほど輝度は低下する傾向にあるので、上記の構成では、この傾斜部の増加によって、光源からの遠さかることによる被照明物の輝度の低下を相殺し、光源からの光を高角度で効率よく被照明物全体に導くことができる。その結果、被照明物の表面における輝度分布を平均化することができる。

【0089】請求項36記載の反射型液晶表示装置は、反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に、請求項1記載の前方照明装置が配置されたことを特徴とする。

【0090】これにより、例えば日中の屋外等のように十分な周囲光量がある場合には、前方照明装置を消灯した状態で使用する一方、十分な周囲光量が得られないときには、前方照明装置を点灯して使用することができる。この結果、周囲環境に関わらず、常に明るく高品位な表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供することが可能となる。

【0091】請求項37記載の反射型液晶表示装置は、請求項36記載の構成において、反射型液晶素子が走査線を備え、上記走査線のピッチと、前方照明装置の第2の出射面における平坦部のピッチとがほぼ等しく、走査線上方に平坦部が配置されていることを特徴とする。

【0092】上記の構成によれば、液晶素子で実際に表示が行われる画素領域上に平坦部を配置することができる。この結果、画素領域からの反射光が平坦部へ無駄なく入射するので、光の利用効率がさらに向上し、高品位な表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供することが可能となる。

【0093】請求項38記載の反射型液晶表示装置は、請求項36記載の構成において、反射型液晶素子が走査線を備え、上記走査線のピッチよりも、前方照明装置の第2の出射面における平坦部のピッチと傾斜部のピッチとの和の方が小さいことを特徴とする。

【0094】上記の構成によれば、上記平坦部と傾斜部

とのピッチの和が走査線のピッチの和よりも小さいことから、前方照明装置の傾斜部のピッチと反射型液晶素子の画素の周囲に形成されているブラックマトリックスのピッチとがずれることになる。その結果、ブラックマトリックスと傾斜部との干渉によるモアレ縞の発生を抑制することから、得られる反射型液晶表示装置の表示品位を向上させることができる。

【0095】請求項39記載の反射型液晶表示装置は、請求項36記載の構成において、反射型液晶素子が走査線を備え、上記走査線のピッチよりも、前方照明装置の第2の出射面における平坦部のピッチと傾斜部のピッチとの和の方が大きいことを特徴とする。

【0096】上記の構成によれば、前方照明装置の傾斜部のピッチと反射型液晶素子の画素の周囲に形成されているブラックマトリックスのピッチとがずれることになる。その結果、ブラックマトリックスと傾斜部との干渉によるモアレ縞の発生を抑制することができるため、得られる反射型液晶表示装置の表示品位を向上させることができる。

【0097】請求項40記載の反射型液晶表示装置は、請求項36から39の何れか1項に記載の構成において、上記反射型液晶素子が、表面に凹凸部を有する反射板を備えていることを特徴とする。

【0098】上記の構成によれば、反射板が凹凸部を有しているため、液晶分子の配向および液晶素子のセル厚とに影響を及ぼすことなく入射光を拡散する。そのため、正反射方向以外から光が入射しても、画像の観察が可能となる。

【0099】請求項41記載の反射型液晶表示装置は、請求項40記載の構成において、上記反射板は、反射型液晶素子の液晶層を駆動する液晶駆動電極を兼ねた反射電極であり、該液晶層に隣接して設けられていることを特徴とする。

【0100】上記の構成によれば、反射板が液晶層に隣接して設けられていない場合と比較して、反射型液晶素子を構成する電極基板による視差の発生を解消できる。そのため、得られる反射型液晶表示装置において、画像の2重写りを抑制することができる。さらに、反射板が液晶駆動電極を兼ねていることから、反射型液晶表示装置の構成を簡素化することもできる。

【0101】請求項42記載の反射型液晶表示装置は、請求項36記載の構成において、前方照明装置が、反射型液晶素子に対して開閉自在に設けられたことを特徴としている。

【0102】上記の構成によれば、前方照明装置を点灯した状態でこの反射型液晶表示装置を用いる場合は、液晶素子に前方照明装置を被せた状態で使用し、前方照明装置を必要としない場合は、液晶素子に対して前方照明装置を開いた状態で使用することから、これにより、前方照明装置を必要としない場合に、前方照明装置

によって周囲光の入射が妨げられることがなく、常に明るい表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供することが可能となる。

【0103】請求項43記載の反射型液晶表示装置は、反射板を有する反射型液晶素子の前面に、請求項27記載の前方照明装置を備えた反射型液晶表示装置であって、上記補償手段が、所定の圧力に対して可撓性を有すると共に、上記補償手段および第2の出射面のそれぞれに、互いに接触することによって圧力が加えられた位置を検出する一対の位置検出手段が設けられたことを特徴とする。

【0104】上記の構成では、前方照明装置がいわゆるタッチパネルとして機能する。すなわち、例えばペン等によって補償手段の表面のある位置を押圧すると、補償手段が撓むことによって、補償手段および第2の出射面にそれぞれ設けられた一対の位置検出手段が上記の位置において互いに接触する。この位置を上記位置検出手段が座標として認識すれば、液晶素子に表示された内容に対してペン入力可能な反射型液晶表示装置が実現される。

【0105】請求項44記載の反射型液晶表示装置は、請求項43記載の構成において、反射型液晶素子が走査線を備え、上記位置検出手段が第2の出射面の平坦部に形成された透明電極を含み、上記走査線のピッチと、上記透明電極のピッチとがほぼ等しく、走査線の上方に透明電極が配置されていることを特徴とする。

【0106】上記の構成では、液晶素子で実際に表示が行われる画素領域上に、位置検出手段の透明電極を配置することができる。この結果、タッチパネルの解像度と液晶素子の解像度とがほぼ等しくなる。これにより、タッチパネルで入力を行う際の、入力像と表示像との一体感が向上するという効果がある。

#### 【0107】

##### 【発明の実施の形態】

〔実施の形態1〕本発明の実施の一形態について図1ないし図7に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0108】本実施の形態に係る反射型LCD10（反射型液晶素子）の前面に、フロントライト20（前方照明装置）を備えた構成である。

【0109】フロントライト20は、主として光源26および導光体24によって構成されている。光源26は、例えば蛍光管等の線状光源であり、導光体24の側面（入射面25）に沿って配置される。導光体24は、液晶セル10側の界面28（第1の出射面）が平坦に形成されている。一方、導光体24において上記界面28と対向する界面23（第2の出射面）は、界面28と平行あるいは略平行に形成された平坦部21と、平坦部21に対して同方向に一定の角度で傾斜した傾斜部22とが、交互に配置されて形成されている。すなわち、導光

体24は、図1から明らかなように、光源26の長手方向を法線とする断面において、光源26から遠さかるほど下がつてゆく階段状に形成されている。

【0110】傾斜部22は、主として、光源26からの光を界面28に向けて反射する面として作用する。一方、平坦部21は、主として、フロントライト20からの照明光が、液晶セル10から反射光として戻ってきたときに、この反射光を観察者側へ透過させる面として作用する。

【0111】ここで、図2(a)ないし(c)を参照しながら、導光体24の形状について、さらに詳細に説明する。図2(a)は、導光体24を平坦部21の法線方向上方から見た平面図、図2(b)は、導光体24を入射面25の法線方向から見た側面図、図2(c)は、導光体24を、入射面25および界面28の双方に対して垂直な面で切断した断面図である。

【0112】導光体24は、例えばPMMA(polymethylmetacrylate)等を用い、射出成形により形成することができる。この実施形態に係る導光体24は、幅 $W=110.0\text{mm}$ 、長さ $L=80.0\text{mm}$ 、入射面25部分の厚み $h_1=2.0\text{mm}$ 、平坦部21の幅 $w_1=1.9\text{mm}$ とする。また、傾斜部22の段差 $h_2=50\mu\text{m}$ 、平坦部21に対する傾斜部22の傾斜角 $\alpha=30^\circ$ とすることにより、傾斜部22の幅 $w_2$ は約 $87\mu\text{m}$ である。

【0113】導光体24が階段状に形成されていることにより、フロントライト20は下記の利点を有する。まず、図2(b)に示すように、入射面25の法線方向から見た場合、平坦部21が界面28に対して完全に平行に形成されていれば、この平坦部21は視認されず、傾斜部22のみが視認される。すなわち、傾斜部22の入射面25への射影の総和が、入射面25に等しい。

【0114】このような場合、入射面25から入射した光源光のうち、入射面25に垂直な成分は、すべて、傾斜部22に直接入射して界面28に向けて反射する。これにより、前述した従来のフロントライトシステムで見られるような、入射面に対向する面から多量の光が導光体外部へ射出してしまうという問題は発生しない。すなわち、フロントライト20は、階段状の導光体24を備えたことにより、光の利用効率が従来の構成よりも大幅に向上する。

【0115】次に、液晶セル10の構成およびその製造方法について説明する。液晶セル10は、図1に示すように、基本的に、一対の電極基板11a・11bが液晶層12を挟持した構成である。電極基板11aは、光透過性を有するガラス基板14a上に、透明電極15a(走査線)が設けられ、この透明電極15aを覆うように液晶配向膜16aが形成されてなる。

【0116】上記ガラス基板14aは、例えばコーニング社製のガラス基板(商品名:7059)で実現され

る。透明電極15aは、例えばITO(Indium tin Oxide)を材料とする。液晶配向膜16aは、例えば、日本合成ゴム社製の配向膜材料(商品名:AL-4552)を、透明電極15aが形成されたガラス基板14aの上にスピンコートで塗布し、配向処理としてラビング処理を施すことにより作成される。

【0117】電極基板11bも、上記電極基板11aと同様に、ガラス基板14b、透明電極15b、および液晶配向膜16bを順次積層することにより作成される。なお、電極基板11a・11bに対し、必要に応じて絶縁膜等を形成しても良い。

【0118】電極基板11a・11bは、液晶配向膜16a・16bが対向するように、且つ、ラビング処理の方向が平行且つ逆向き(いわゆる反平行)になるように配置され、接着剤を用いて貼り合わされる。このとき、電極基板11a・11bの間には、粒径 $4.5\mu\text{m}$ のガラスビーズスパーサ(図示せず)が予め散布されたことにより、均一な間隔で空隙が形成されている。

【0119】この空隙に、真空脱気により液晶を導入することにより、液晶層12が形成される。なお、液晶層12の材料としては、例えばメルク社製の液晶材料(商品名:ZLI-3926)を用いることができる。なお、この液晶材料の $\Delta n$ は $0.2030$ である。ただし、液晶材料はこれに限られるものではなく、種々の液晶を用いることができる。

【0120】さらに、ガラス基板14bの外面に、反射板17として、ヘアライン加工を施したアルミ板を、例えばエポキシ系の接着剤により接着すると共に、ガラス基板14aの外面に、液晶層12の液晶の配向方向と $45^\circ$ をなすように偏光軸が設定された偏光板18を設置する。

【0121】以上の工程により、反射型の液晶セル10が製造される。この液晶セル10に、下記のとおりによりフロントライト20を組み合わせることにより、前方照明装置付の反射型LCDが製造される。まず、液晶セル10の偏光板18上に、導光体24を積層する。なお、液晶セル10の偏光板18と導光体24との間には、粒径 $50\mu\text{m}$ のスパーサ(図示せず)が予め散布されることにより、このスパーサの粒径にほぼ等しい均一な厚みで空隙29が形成されている。つまり、導光体24の界面28は、光学的には、PMMAと空気層との界面に相当する。なお、この空隙29は、光の波長の約 $100$ 倍程度の厚みを持つため、空隙29による干渉等の発生は抑えられている。

【0122】次に、導光体24の入射面25に対向するように、光源26として蛍光管を設置し、光源26と入射面25とを反射鏡27(集光手段)で開く。反射鏡27は、光源26からの光を入射面25のみに集光させる。なお、反射鏡27としては、例えばアルミコーティング等を用いることができる。以上の工程により、補助照明と

してのフロントライト20を備えた反射型LCDが完成する。

【0123】この反射型LCDは、周囲光が不十分なときは、フロントライト20を点灯した照明モードで使用し、十分な周囲光が得られるときは、フロントライト20を消灯した反射モードで 사용할 ことができる。

【0124】ここで、フロントライト20の動作原理について、図3(a)ないし(c)を参照しながら説明する。前述したように、導光体24は、入射面25への傾斜部22の射影の総和が、入射面25と等しい。このため、光源26からの入射光のうち、入射面25に垂直な成分は、図3(a)に示すように、傾斜部22により反射され、界面28から、図3(a)中には図示しない液晶セル10に向けて出力される。

【0125】また、図3(b)に示すように、光源26からの入射光のうち、まず界面23に入射する成分は、導光体24内での挙動により、二通りに分類される。一つは、図3(b)に示す光31aのように、傾斜部22へ直接入射して反射され、液晶セル10への出力光31bとなる光である。二つめは、図3(b)に示す光32aのように、平坦部21と界面28との間で全反射しつつ導光体24内を伝搬し、最終的に傾斜部22へ到達して反射され、出力光32bとなる光である。

【0126】また、図3(c)に示すように、光源26からの入射光のうち、まず界面28に入射する成分は、界面28と界面23の平坦部21との間で全反射しつつ \*

$$\theta_1 \geq \theta_c = \arcsin(n_2/n_1) \quad \dots (式2)$$

で表される入射角 $\theta_1$ で傾斜部22へ入射すればよい。

【0131】ただし、上記式2において、

$\theta_1$ : 傾斜部22への入射角、

$n_1$ : 導光体24の屈折率

$n_2$ : 傾斜部22において導光体24と接する物質の屈折率

$\theta_c$ : 傾斜部22の臨界角、である。

【0132】以上のように、傾斜部22への光の入射角 $\theta_1$ が式2を満たすように傾斜部22を形成すれば、傾斜部22から導光体24の外部への光の漏れが抑制され、光の利用効率をさらに向上させることができる。

【0133】2. 平坦部21について

平坦部21が主として光を透過させる領域であることは先に述べたが、平坦部21を透過する光としては、

(イ) 液晶セル10からの反射光、(ロ) 反射モードで使用する場合の周囲光、が存在する。

【0134】上記(イ)の出力光は、液晶セル10の液晶層12で調光され、反射板17で反射されて再度導光体24へ入射した後に界面23から観察者側へ出射するが、このとき、主として平坦部21から出力される。なお、反射板17で反射される光は拡散光となる。この拡散光は、平坦部21において反射することが極めて少なく透過するためには、平坦部21に臨界角以下で入射す ※50

\* 導光体24内を伝搬し、最終的に傾斜部22へ到達して反射され、界面28から液晶セル10に向けて出力する。

【0127】以上の説明から分かるように、光源26から導光体24への入射光のほとんどすべての成分は、傾斜部22で反射され、界面28を通過して液晶セル10へ出射する。すなわち、本実施形態のフロントライト20は、階段状の界面23を持つ導光体24を備えたことにより、光源26からの光の損失が極めて少なく、光源光の利用効率が向上されている。

【0128】次に、光源光の利用効率をさらに向上させるための傾斜部22または平坦部21の条件1. ~3. について説明する

【0129】1. 傾斜部22について

導光体24において、界面23の傾斜部22は、主として、光源26からの入射光を反射する反射面として機能する。一方、界面23の平坦部21は、主として、液晶セル10の背面に設けられた反射板17にて反射した光、および周囲光を透過する透過面として機能する。

【0130】傾斜部22にて光源26からの入射光が全反射するためには、次のような条件が満たされる必要がある。つまり、異なる屈折率を有する物質が接する面

(界面)に入射した光は、入射角が臨界角以上のときに界面で全反射する。このため、傾斜部22に入射する光が傾斜部22で全反射するためには、

※50 することが好ましい。臨界角は、導光体24の屈折率により変化するが、導光体24の材料としてPMMAを用いた場合はおよそ42°前後である。つまり、液晶セル10からの出力光は、導光体24の平坦部21に約40°以下で入射することが好ましい。

【0135】また、平坦部21は、必ずしも界面28と平行でなくても良い。平坦部21への入射角は、反射板17における光の散乱範囲にも依存する。このため、反射板17の特性についても考慮すれば、図4に示すように、例えば、反射板17において光が散乱する主な範囲が、反射板17の法線に対して±30°程度であるとすると、平坦部21の反射板17に対する傾斜角度 $\delta$ をおよそ±10°以内とすれば、平坦部21で反射される光の成分33を極めて少なくできる。なお、図4では、平坦部21が界面28に対して傾斜していることを分かりやすくするため、傾斜角度 $\delta$ を上記の好ましい範囲よりも大きく示した。

【0136】このように、平坦部21が界面28に対して平行または±10°以内の傾きで形成されていれば、光源26からの入射光は、傾斜部22への入射角よりも大きな入射角で平坦部21に入射するので、光源26から平坦部21へ入射する光が外部へ漏れにくく、平坦部21で反射する光の量が多くなる。これにより、光源光

のロスが抑えられる。

【0137】さらに、上記(ロ)の反射モードで使用する場合は周囲光を考慮すれば、本反射型LCDをフロントライト20を消灯した反射モードで使用する場合には、十分な周囲光を液晶セル10へ取り込むためには、平坦部21の面積は大きければ大きいほど好ましい。

【0138】3. 界面23における傾斜部22と平坦部21との配置

界面23の傾斜部22と平坦部21との配置については、(a)使用者が界面23側から反射型LCDを見たときに、傾斜部22の面積が小さく、平坦部21の面積が大きいこと、(b)入射面25に対する傾斜部22の射影の総和が大きく、平坦部21の射影の総和が小さいこと、の二つの条件が重要である。

【0139】上記(a)の条件は、すなわち、界面28への平坦部21の射影の総和が、傾斜部22の射影の総和よりも大きいことを意味する。界面28への傾斜部22の射影の大きさは、図2(c)に示す傾斜部22の界面28に対する傾斜角 $\alpha$ によって決まる。従って、傾斜角 $\alpha$ の大きさを調整することにより、使用者から見た傾斜部22の面積を、平坦部21の面積に比べて非常に小さくすることが可能である。

【0140】さらに、傾斜部22および平坦部21のピッチを液晶セル10の垂直線の抜きまたはバスラインに合わせることによって、液晶セル10で実際に表示が行われる領域上全体に平坦部21を配置することができ、光の利用効率がさらに向上する。

【0141】上記(b)の条件は、前述のように、光源26からの入射光を有効利用するためには、入射面25を法線方向から見た場合に界面23の傾斜部22のみが視認されることが好ましい、ということの意味する。

【0142】次に、フロントライト20の照明光強度の測定結果について説明する。フロントライト20の照明光強度を測定するために、図5に示すような測定系を用いた。つまり、フロントライト20の界面28の法線方向を $0^\circ$ とし、 $0^\circ$ から $90^\circ$ の範囲における光強度を、検出器34にて測定した。

【0143】この結果を図6に示す。図6から明らかに、フロントライト20において、光源26から入射面25を通して導光体24へ入射した光は、導光体24の作用により、界面28の略法線方向へ出射されていることが分かる。すなわち、フロントライト20は、導光体24の側面に配置された光源26からの光を液晶セル10に対して略垂直に入射させることができ、明るい補助照明として機能する。

【0144】さらに、本実施形態の反射型LCDは、透過型LCDやCRT、PDP等の自発光型のディスプレイと比較して、より明るい表示が可能であるという利点がある。すなわち、図7(a)に示すように、自発光型のディスプレイ35からの光36aは、周囲光37に対

して進行方向が逆向きとなる。このため、光36aから周囲光37を差し引いた成分36bが、観察者に認識される。

【0145】これに対して、本実施形態の反射型LCDでは、照明モードで使用する場合は、図7(b)に示すように、フロントライト20からの補助光39aと、周囲光37とが、液晶セル10の反射板(図示せず)にて反射され、補助光39aと周囲光37との和に相当する成分39bが、観察者に認識される。これにより、暗い場所だけでなく例えば日中の屋外のような明るい場所でも、より明るい表示が実現される。

【0146】以上のように、本実施の形態に係る構成は、フロントライト20が階段状の導光体24を備えたことによって、光源26から出射される光の利用効率が向上されている。これにより、周囲光が十分でない場合に、液晶セル10に十分な照明光を与えることができ、周囲環境によらず常に明るい表示が可能な反射型LCDを提供することが可能となる。

【0147】〔実施の形態2〕本発明の他の実施形態について、図8ないし図11に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前述の実施の形態1にて説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0148】本実施の形態に係る反射型LCDは、図8に示すように、液晶セル10の前面に、実施の形態1で説明したフロントライト20(第1の導光体)と楔型の第2の導光体40とによって構成されるフロントライトシステム51を備えたことを特徴とする。

【0149】上記第2の導光体40は、フロントライト20の導光体24と液晶セル10との間に配置され、導光体24の界面28に対して平行な斜面41と、液晶セル10の表面に対して平行な底面42とを有する。底面42に対する斜面41の傾斜角は、図9(a)に示すように、導光体24の界面23において傾斜部22と平坦部21とか尾根状に接する部分を互いに結ぶ線49が、底面42と平行になるように設計することが好ましい。

【0150】また、第2の導光体40は、第1の導光体である導光体24と少なくとも屈折率が等しい材質で形成することが好ましい。言うまでもなく、第2の導光体40を導光体24と全く同じ材質で形成しても良い。また、導光体24と第2の導光体40とを、例えば射出成形等によって一体的に形成するように構成すれば、製造工程を簡略化することができる。

【0151】導光体24と第2の導光体40との間隙には、粒径 $50\mu\text{m}$ のスパーサ(図示せず)が予め散布される。これにより、導光体24と第2の導光体40との間隙には、上記スパーサの粒径にほぼ等しい空隙43が形成される。

【0152】第2の導光体40の底面42と、液晶セル10の偏光板18との間は、両者の屈折率を一致させる

充填剤（図示せず）で満たされている。これにより、第2の導光体40と偏光板18との界面での反射による光の減衰が防止され、光源光の損失がさらに抑制される。なお、上記充填剤としては、例えばUV硬化性樹脂またはサリチル酸メチル等を用いることができる。

【0153】ここで、導光体24と液晶セル10との間に第2の導光体40を設けたことによる効果について説明する。図9（b）に示すように、第2の導光体40が設けられていない構成（実施の形態1）では、傾斜部22から、液晶セル10への出射面としての界面28までの距離 $l_1$ （図中 $l_1$ 、 $l_2$ ）は、光源26からの距離 $x_1$ （図中 $x_1$ 、 $x_2$ ）が大きくなるほど小さくなる。これに対して、本実施形態のフロントライトシステム51では、図9（a）に示すように、第2の導光体40を備えたことにより、傾斜部22から、液晶セル10への出射面である第2の導光体40の底面42までの距離 $l_1$ は、光源26からの距離 $x_1$ に関わらず、ほぼ等しい。

【0154】すなわち、第2の導光体40が、フロントライト20の傾斜部22から液晶セル10までの距離を一定にする役割を果たすことにより、フロントライトシステム51は、光源26からの距離によらず一定の輝度で光を出射する面光源として作用する。

【0155】ここで、第2の導光体40による効果を確かめるために、図10（a）に示すように、検出器44を、第2の導光体40の底面42に対して平行に移動させながら、フロントライトシステム51の出力光の輝度分布を測定した。なお、入射面25の近傍を測定開始位置 $P_0$ とし、底面42において光源26から最も遠い位置を測定終了位置 $P_1$ とした。測定の結果は、図11（a）に示すとおりである。

【0156】同様に、比較のために、第2の導光体40が設けられていない構成（実施の形態1）の出力光の輝度分布を測定するために、図10（b）に示すように、検出器44を、フロントライト20の界面28に対して平行に移動させながら、測定を行った。なお、入射面26の近傍を測定開始位置 $P_0$ とし、界面28において光源26から最も遠い位置を測定終了位置 $P_1$ とした。測定結果は、図11（b）に示すとおりである。

【0157】図11（a）および（b）を比較することから明らかなように、第2の導光体40が設けられていない場合、図11（b）に示すように、輝度のピークのピッチ $p$ が、光源26に近いほど大きく、光源26から遠さかるほど小さくなるのに対し、本実施形態のフロントライトシステム51は、図11（a）に示すように、輝度のピークのピッチ $p$ が第2の導光体40の底面42全体にわたってほぼ等しく、輝度のピークも同様である。

【0158】以上のように、本実施形態の反射型LCDは、液晶セル10の前面にフロントライトシステム51

を備え、このフロントライトシステム51が、第1の導光体としての導光体24と、液晶セル10との間に、導光体24の傾斜部22から液晶セル10までの距離を一定にするための第2の導光体40を備えたことにより、フロントライトシステム51が液晶セル10をむらなく照明し、十分な周囲光が得られない場合でも、明るく且つむらのない高品位な表示が実現されるという効果を奏する。

【0159】〔実施の形態3〕本発明のさらに他の実施形態について、図5、図12ないし図14に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0160】本実施形態の反射型LCDは、図12に示すように、液晶セル10の前面に、フロントライト20と第2の導光体45とによって構成されるフロントライトシステム52が配置された構成である。

【0161】上記第2の導光体45は、図13に示すように、導光体24からの入射光を、その進行方向側へのみ散乱させる機能を有する前方散乱板であると共に、所定の角度範囲から入射した光のみを散乱させ、上記所定の角度範囲以外からの入射光を透過する性質を有する異方性散乱板である。このような条件を満たす第2の導光体45としては、例えば住友化学株式会社製の視角制御板（商品名：ルミスティン）等が、市販品として入手可能である。

【0162】なお、第2の導光体45が入射光を散乱させる角度範囲は、導光体24からの出射光が入射する角度範囲を完全に含むことが好ましい。これにより、導光体24からの出射光をむだなく散乱させることができ、光源光の利用効率を向上させることができる。また、第2の導光体45が、所定の角度範囲から入射した光のみを散乱させ、上記所定の角度範囲以外からの入射光を透過する性質を有する異方性散乱であることにより、上記所定の角度範囲以外からの入射光には、第2の導光体45が作用しないので、不要な散乱光によって表示品位が劣化することが防止される。

【0163】導光体24と第2の導光体45との間隙には、粒径 $50\mu\text{m}$ のスペース（図示せず）が予め散布される。これにより、図12に示すように、導光体24と第2の導光体45との間隙には、上記スペースの粒径にほぼ等しい空隙46が形成される。

【0164】第2の導光体45と液晶セル10の偏光板（図示せず）との間には、両者の屈折率を一致させる充填剤（図示せず）で満たされている。これにより、第2の導光体45と液晶セル10との界面での反射による光の減衰が防止され、光源光の損失がさらに抑制される。

【0165】ここで、フロントライトシステム52の照明光強度の測定結果について説明する。フロントライトシステム52の照明光強度を測定するために、前記した

実施の形態1で用いた測定系(図5参照)と同様の測定系を使用した。ここでは、フロントライトシステム52の第2の導光体45の法線方向を0とし、0から±90°の範囲において、第2の導光体45の液晶セル10側に位置する面からの光強度を、検出器34にて測定した。測定の結果を図14に示す。

【0166】図14から明らかなように、本実施形態のフロントライトシステム52は、第2の導光体45によって第1の導光体としての導光体24からの出射光が散乱することにより、実施の形態1に比較して、フラットな角度特性を有していることが分かる。

【0167】以上のように、本実施形態で説明した構成は、導光体24からの出射光を散乱させる第2の導光体45を備えたことにより、液晶セル10へ出射する光の輝度分布が平均化され、液晶セル10をむらなく照射することが可能となる。

【0168】なお、上記第2の導光体45として、異方性散乱板の他に、ホログラム等を使用することも可能である。

【0169】〔実施の形態4〕本発明のさらに他の実施形態について、図15ないし図19に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0170】前述の実施の形態1で説明したように、導光体24の観察者側の界面23が、傾斜部22および平坦部21によって形成されている場合、液晶セル10にて反射されて再び導光体24へ入射した光が界面23を透過する際に、像のにしみやボケが生じることがある。

【0171】つまり、図15に示すように、液晶セル10からの出力光48aは、必ずしも平坦部21のみからでなく、傾斜部22からも観察者側へ透過する。このとき、傾斜部22からの出射光48bと、平坦部21からの出射光48cとが、互いに異なる方向へ出射して交差することにより、表示すべき像ににしみやボケが表れることがある。

【0172】このような問題を解決するために、本実施形態の反射型LCDは、図16に示すように、導光体24の界面23において、傾斜部22の表面に、光を反射する金属反射膜47(反射部材)が付加された構成である。上記金属反射膜47は、図16に示すように、傾斜部22へ入射する光のすべてを、その入射角に関わらず反射する。これにより、界面23から観察者側へ出射する光は、平坦部21を透過した光のみとなる。この結果、にしみやボケのない鮮明な表示像を得ることができる。

【0173】以下に、上記金属反射膜47を製造する方法の一例について、アルミニウムを材料とする場合を例に挙げて説明する。なお、金属反射膜47の材料は、アルミニウムに限らず、例えば銀等の金属を用いても良

い。

【0174】まず、図17(a)に示すように、導光体24の界面23の表面全体に、スパッタリングによってアルミニウム膜61を成膜する。さらに、図17(b)に示すように、アルミニウム膜61の表面にフォトリソ resist 62を塗布する。次に、露光工程を経て、図17(c)に示すように、フォトリソ resist 62をパターニングする。そして、図17(d)に示すように、パターニングされたフォトリソ resist 62をマスクとして、アルミニウム膜61のエッチングを行う。その後、フォトリソ resist 62を剥離することにより、図17(e)に示すように、界面23の傾斜部22の表面に、アルミニウムからなる金属反射膜47が形成される。

【0175】以上のように、傾斜部22の表面に金属反射膜47が設けられたことにより、図16に示すように、平坦部21に対する傾斜部22の傾斜角度 $\alpha$ を大きくとることが可能である。例えば、図18に示すように、傾斜部22に金属反射膜47を設けない構成では、傾斜角度 $\alpha$ を60°と大きくとった場合、臨界角 $\theta_c$ よりも小さい入射角で傾斜部22へ入射した光49aが、傾斜部22を透過して観察者側へ透過する光49bとなる。このような光49bは、表示品位を劣化させるので好ましくない。

【0176】これに対して、本実施形態の構成では、傾斜部22に金属反射膜47が形成されたことにより、傾斜角度 $\alpha$ を大きくとったとしても、上記の光49bのように傾斜部22を透過する光は存在せず、傾斜部22においてすべての光が反射される。

【0177】このように、傾斜部22の傾斜角度 $\alpha$ を大きくとることができることにより、平坦部21の法線方向から見た場合に、傾斜部22が視認されにくくなり、表示品位の向上が図れるという利点がある。

【0178】なお、図19に示すように、上記金属反射膜47の表面に、周囲光の反射を防止するブラックマトリクス47b(遮光部材)を積層すれば、周囲光が観察者側へ反射されることを防止できる。これにより、周囲光が観察者側へ反射することによる表示品位の劣化が防止されるので、さらに好ましい。

【0179】以上のように、本実施形態に係るフロントライト20は、傾斜部22から観察者側への透過光を無くするための金属反射膜47が、傾斜部22に形成されていることを特徴としている。これにより、界面23から観察者側へ出射する光は、平坦部21からの出射光のみとなるので、このフロントライト20を液晶セル10の前面に備えた反射型LCDにおいて、にしみやボケのない鮮明な表示像を得ることが可能となる。

【0180】〔実施の形態5〕本発明のさらに他の実施形態について、図15、および図20ないし図22に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有する構成



には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0181】本実施の形態に係る反射型LCDは、図20に示すように、液晶セル10の前面に、実施の形態1で説明したフロントライト20と、このフロントライト20の界面23上に設けられた光学補償板64（補償手段）とによって構成されるフロントライトシステム53を備えたことを特徴とする。

【0182】上記光学補償板64において、フロントライト20の導光体24に対向する面である底面64aは、図20に示すように、導光体24の界面23と相補する階段形状をなす。すなわち、底面64aは、導光体24の傾斜部22に対向する位置に、傾斜部22に平行な傾斜部65が形成され、導光体24の平坦部21に対向する位置に、平坦部21に平行な平坦部66が形成されている。一方、光学補償板64において、観察者側に位置する面である表面64bは、導光体24の界面28に平行な平面として形成されている。

【0183】光学補償板64は、導光体24と同様に、例えば、PMMAを用いて射出成形にて作成できる。光学補償板64と導光体24とは、上述のように、それぞれの傾斜部および平坦部が対向するように配置され、粒径約 $20\mu\text{m}$ のスペーサ（図示せず）を介して接合される。これにより、光学補償板64の底面64aと、導光体24の界面23との間には、略均一な厚みの空気層67が介在することとなる。

【0184】このように、導光体24の前面に光学補償板64を設け、導光体24と光学補償板64との間に空気層67が存在することにより、下記のような効果が得られる。

【0185】すなわち、前記実施の形態4において図15を参照しながら説明したように、液晶セル10から導光体24へ再び入射した光48a・48aは、導光体24内部で同じ方向に進んだとしても、界面23の傾斜部22または平坦部21をそれぞれ透過することにより、導光体の界面23から互いに異なる方向へ出射し、像のにじみやボケを招来する。

【0186】これに対して、本実施形態のフロントライトシステム53では、図21に示すように、液晶セル10から導光体24へ同じ方向へ入射した光68a・69aは、導光体24から出射した後に、空気層67と光学補償板64との界面としての底面64aで屈折することで、再び同じ方向へ進む光となり、光68b・69bとして示すように、光学補償板64の表面64bから同じ方向へ出射する。これにより、観察者側から見たときに、にじみやボケのない鮮明な像が得られる。

【0187】なお、上述の光学補償板64の他に、図22(a)に示すように、平板状に形成された光学補償板71を導光体24の前面に配置しても良い。この場合、上記光学補償板71は、図22(b)に示すように、導光体24の傾斜部22から出射した光が入射する領域7

1aと、導光体24の平坦部21から出射した光が入射する領域71bとが、互いに異なる屈折率を有することにより、領域71a・71bのそれぞれの表面から観察者側への光の出射角 $\theta$ ・ $\theta$ がほぼ等しくなる。または、領域71aを、この領域71aを透過する光を、領域71bを透過する光と同じ方向へ回折するために、回折機能を有する部材（例えば回折素子）で形成しても良い。

【0188】あるいは、図22(c)に示すように、光学補償板71において、導光体24の傾斜部22から出射した光が入射する領域を、光を遮るブラックマスク71cで形成することにより、傾斜部22から出射した光が観察者側へ届かないようにしても良い。

【0189】以上のように、本実施形態の構成によれば、光学補償板64（または光学補償板71）によって、導光体24の界面23の傾斜部22および平坦部21のそれぞれからの光の出射方向をそろえることにより、にじみやボケのない鮮明な表示が可能な反射型LCDが実現される。

【0190】〔実施の形態6〕本発明のさらに他の実施形態について、図20、図23ないし図26に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0191】本実施の形態に係る反射型LCDは、前記した実施の形態5で説明した反射型LCDのフロントライトシステム53（図20参照）に、タッチパネル機能を付加したものである。

【0192】上記のタッチパネル機能を実現するために、本実施形態の反射型LCDは、図23に示すように、光学補償板64の底面64aに、例えばITOからなる透明電極72を備えると共に、導光体24の傾斜部22に、例えばアルミニウムのように、光を反射し且つ導電性を有する材料からなる反射電極73が設けられている。上記透明電極72および反射電極73が、位置検出手段を構成する。

【0193】図24の下部に示す図は、導光体24の平坦部21の法線方向から見た場合の上記反射電極73の形状を示す平面図である。図24に示すように、反射電極73は、導光体24の傾斜部22の全面に設けられているので、導光体24の平坦部21の法線方向から見るとストライプ状である。また、光学補償板64に形成された透明電極72も、図25に示すように、ストライプ状に形成され、反射電極73および透明電極72は、互いに直交してマトリクスをなす。

【0194】なお、導光体24の反射電極73と、光学補償板64の透明電極72との間には、粒径 $10\mu\text{m}$ 程度のプラスチックビーズスペーサ（図示せず）が散布されており、この粒径にほぼ等しい空隙が形成されている。

【0195】この光学補償板64は可撓性を有し、図26に示すように、ペン74で押圧されることにより、透明電極72と反射電極73とが接触する。ペン74で押された座標の認識は、下記のとおりに行われる。図25に示すように、透明電極72および反射電極73のそれぞれに、稜順次で信号を走査することにより、接触点75のX座標およびY座標が検出され、タッチパネルの平面内において、ペン74で押された位置の座標を特定することができる。

【0196】なお、ここでは、光学補償板64にストライプ状の透明電極72を形成した構成を例に挙げて説明したが、光学補償板64の底面64aの全面に透明電極を形成しても良い。しかしながら、上述のように、透明電極72をストライプ状に形成した方が、光の利用効率が大きいという利点がある。

【0197】以上のように、本実施形態の構成によれば、光学補償板64がタッチパネルとして機能するので、液晶セル10に表示された内容に対してペン入力が可能で、反射型LCDを提供することが可能となる。

【0198】〔実施の形態7〕本発明のさらに他の実施形態について、図27ないし図30に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0199】本実施の形態に係る反射型LCDが備えるフロントライトは、図27に示すように、前記した実施の形態1で説明した構成にさらに加えて、光源26と導光体24の入射面25との間に、光源26から入射面25へ入射する光の広がり角を制御するための光制御手段として、プリズムシート81および拡散板82を備えたことを特徴とする。なお、ここでは、プリズムシート81のプリズムの頂角は $100^\circ$ とする。また、導光体24と液晶セル10の偏光板18との間には、屈折率差を緩和するための充填剤84が導入されている。

【0200】光源26は、例えば蛍光管にて実現されるが、蛍光管からの出力光は、特に指向性を持つわけではなく、ランダムに発生する。このため、導光体24の傾斜部22へ臨界角より大きい角度で入射する光が存在し、傾斜部22からの漏れ光となって表示品位の低下を招く恐れがある。

【0201】導光体24の材料として好適に用いられるPMMAの屈折率が約1.5であることを考慮すると、傾斜部22への入射角が臨界角(約 $42^\circ$ )以下の光は、漏れ光となる。このような漏れ光をなくすためには、漏れ光成分となる入射光が導光体24へ入射しないように、光源26からの出力光の広がり角を予め制御すれば良い。

【0202】ここで、図28に示すように、界面28に対する傾斜部22の傾斜角を $\alpha$ とする。なお、図28は、説明の便宜上、導光体24における傾斜部22、界

面28、および入射面25の位置関係を抽出して示したものであり、導光体24が実際にこのような形状をなしているわけではない。

【0203】また、導光体24の入射面25から入射する光の広がり角を $\pm\beta$ とし、傾斜部22の臨界角を $\theta_c$ とすると、上記の光の傾斜部22への入射角 $\theta$ は、

$$\theta = 90^\circ - \alpha - \beta$$

で表される。

【0204】従って、入射面25から傾斜部22へ入射した光が傾斜部22を透過しないための条件は、

$$\theta_c < \theta = 90^\circ - \alpha - \beta$$

すなわち、

$$\beta < 90^\circ - (\theta_c + \alpha) \quad \cdots (式3)$$

で表される。

【0205】なお、この実施形態では、傾斜部22の傾斜角 $\alpha$ を $10^\circ$ とする。これと、臨界角 $\theta_c$ が $42^\circ$ であることから、上記の式3に基づいて、 $\beta < 38^\circ$ が導かれる。

【0206】光源26からの出力光は、拡散板82で一旦拡散されてプリズムシート81へ入射する。プリズムシート81は、拡散光を特定の角度範囲に集光する機能を有し、プリズムの頂角が $100^\circ$ の場合、図29に示すように、約 $\pm 40^\circ$ の角度範囲内に拡散光を集光させる。約 $\pm 40^\circ$ の角度範囲に集光された光は、導光体24へ入射するときに、入射面25での屈折によってさらに集光されることにより、約 $\pm 25.4^\circ$ の範囲の広がり光となる。すなわち、入射面25から入射する光の広がり角は、上記の $\beta < 38^\circ$ の範囲に十分に収まり、傾斜部22からの漏れ光が生じないことが分かる。

【0207】以上のように、本実施形態に係る反射型LCDは、光源光の広がり角を抑制するために、光源26と導光体24の入射面25との間にプリズムシート81を設置したことにより、傾斜部22からの漏れ光がなくなり、表示品位がさらに向上される。

【0208】なお、本実施形態では、プリズムシート81の頂角を $100^\circ$ としたが、必ずしもこの角度に限定されるものではない。また、光源光の広がり角を制限する光制御手段として、プリズムシート81を用いたが、同様の効果が得られるのであればこれに限定されず、例えばコーリメータ等を用いても良い。また、図30(a)に示すように、光源26の周囲を楕円体ミラー98で覆い、この楕円体ミラー98の焦点に光源26を設置した構成によっても同様の効果が得られる。さらに、SID DIGEST P.375(1995)に記載されているように、図30

(b)に示すライトパイプ99を用いて、光源26からの入射光の広がり角を制御しても良い。

【0209】〔実施の形態8〕本発明のさらに他の実施形態について、図1、図3、および、図31ないし図33に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有す

る構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0210】本実施の形態に係る反射型LCDは、前記した各実施の形態で説明した反射型LCDにおいて、フロントライト（またはフロントライトシステム）と液晶セル10との間が、屈折率の差による光の減衰を防ぐ充填剤（マッチング剤）で満たされている。

【0211】ここで、実施の形態1で説明した反射型LCDに上記の充填剤を適用した構成を例に挙げて説明する。実施の形態1では、図1を参照しながら説明したように、フロントライト20の導光体24は、液晶セル10の偏光板18上に、粒径約50 $\mu$ mのスペーサを介して積層されている。これにより、液晶セル10と導光体24との間には、上記スペーサの粒径にほぼ等しい均一な厚みで空隙29が形成されている。

【0212】本実施の形態の反射型LCDは、上記の空隙29に、図32に示すように、充填剤84を満たしたものである。なお、充填剤84としては、例えばV硬化性樹脂や、サリチル酸メチル等を用いることができる。これにより、導光体24の界面28は、空気ではなく、空気よりも高い屈折率を有する充填剤84に接することとなる。上記の充填剤84は、導光体24の屈折率とほぼ等しい屈折率を有することが好ましい。

【0213】このように、導光体24の界面28が充填剤84に接している場合と、前記した各実施の形態のように導光体24の界面28が空気に接している場合とは、界面28における光の挙動が異なる。

【0214】光源26からの入射光のうち、図31

(a)に示すように、入射面25へ略垂直入射する成分は、入射面25から傾斜部22へ直接入射して反射した後、界面28および充填剤84を通して、液晶セル10へ入射する。このときの界面28における光の挙動は、界面28が空気に接している場合（図3（a）参照）と同様である。

【0215】一方、光源26からの入射光のうち、図31（b）に示すように、入射面25からまず界面23へ入射する成分の中には、光85aのように、平坦部21で反射した後に界面28へ入射するものもある。このような光85aや、光源26からの入射光のうち、図31（c）に示すように、入射面25からまず界面28へ入射する成分は、界面28が導光体24とほぼ等しい屈折率を有する充填剤84に接しているため、界面28において何の作用も受けずに透過する。

【0216】これらの光は、液晶セル10の液晶層12に対して非常に大きな入射角で入射することとなるが、反射板17で反射され、導光体24の界面28に対して上記の大きな入射角で再び入射するので、観察者へ届くことはない。

【0217】しかしながら、光源光の利用効率を向上させるためには、光源26から界面28へ直接入射する成

分をなくすることが好ましい。このため、図32に示すように、入射面25を、この入射面25と界面28とが鈍角をなすように傾けることにより、入射面25から界面28へ直接入射する成分をなくすることができる。

【0218】なお、入射面25と界面28とがなす角 $\gamma$ の大きさは、図33に示すように、光源26からの光が入射面25へ入射した後の広がり角 $\beta$ を考慮すれば、 $\gamma \geq 90^\circ + \beta$

であることがより好ましい。これにより、入射面25から入射した光源光のほとんどすべてが界面23方向へ入射することとなり、光源光の利用効率をさらに向上させることができる。

【0219】〔実施の形態9〕本発明のさらに他の実施形態について、図34に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0220】本実施の形態に係る反射型LCDは、フロントライト20が、液晶セル10に対して開閉自在な蓋状に形成されていることを特徴とする。

【0221】前記した各実施の形態において、前方照明装置としてのフロントライトまたはフロントライトシステムの種々の形態を説明したが、特に実施の形態4に記載した構成のように、導光体24の傾斜部22に金属反射膜47を設けたような場合、金属反射膜47が導光体24への周囲光の入射を妨げる。このため、周囲環境が、反射型LCDを照明モードで使用する必要がある程度暗くはないが、反射モードで使用するに十分な周囲光量が得られないような状況において特に、反射モードでの表示が暗くなってしまう場合がある。

【0222】このため、図34に示すように、本実施の形態の反射型LCD91は、フロントライト20が、その一边が例えば蝶番（図示せず）等で固定されたことにより、液晶セル10に対して開閉自在に設けられている。このフロントライト20は、液晶セル10およびフロントライト20を覆う蓋92とは独立に開閉できる内蓋として形成されている。

【0223】従って、反射型LCD91を照明モードで用いる場合は、液晶セル10の表面にフロントライト20を被せた状態、すなわち蓋92のみを開けた状態で使用し、反射型LCD91を反射モードで用いる場合は、液晶セル10に対してフロントライト20を開いた状態で使用することができる。

【0224】これにより、反射モードで使用する場合には、フロントライト20によって光のロスが生じることなく、常に明るい表示を実現し得る反射型LCDが実現される。

【0225】なお、上記では、フロントライト20の少なくとも一部が液晶表示装置に対して固定された構成を説明したが、フロントライト20を完全にユニット化

し、液晶セル10に対して脱着自在な構成としても良い。ただし、この場合には、液晶セル10から取り外したときのフロントライト20の保管方法について考慮する必要は生じる。

【0226】なお、ここでは、フロントライト20を内蓋状に備えた反射型LCDについて説明したが、前記した各実施の形態で説明したフロントライトシステムが内蓋状に設けられた構成としても良い。

【0227】〔実施の形態10〕本発明のさらに他の実施形態について、図35および図36に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0228】前記した各実施の形態では、前方照明装置としてのフロントライトまたはフロントライトシステムと、被照明物としての反射型液晶セルを組み合わせた構成としての反射型LCDについて説明した。しかし、本発明の前方照明装置としてのフロントライトまたはフロントライトシステムは、反射型液晶セルとの組合せのみで 사용되는ものではない。例えば、図35に示すように、本実施形態に係る照明装置95は、前記した各実施形態で説明したフロントライトまたはフロントライトシステムが、独立したユニットとして形成されたものであり、種々の対象物を照明することが可能である。

【0229】例えば、上記の照明装置95は、図35に示すように、本96の上に配置して使用することができる。これにより、図36に示すように、照明装置95の略直下の領域のみを照明することができるので、例えば寝室などでの読書の際に、周囲の人に迷惑をかけることがないという効果がある。

【0230】なお、上記した各実施の形態は本発明を限定するものではなく、発明の範囲で種々の変更が可能である。例えば、導光体の材料として、具体的にPMMAを例示したが、均一に減衰無く導光でき、屈折率が適当な値であれば、例えばガラス、ポリカーボネイト、ポリ塩化ビニル、またはポリエステル等の材料を用いても構わない。また、上記した導光体の傾斜部および平坦部の寸法等は、あくまでも一例であり、同等の効果が得られる範囲で自由に設計することができる。

【0231】さらに、液晶セルとしては、単純マトリクス型LCD、アクティブマトリクス型LCD等の種々のLCDを用いることができる。また、上記では、偏光子と検光子とを兼ねた偏光板を一枚使用したECBモード（単偏光板モード）の液晶セルを使用した。その他、偏光板を使用しないPDLCDやPC-GH等を適用しても良い。

【0232】〔実施の形態11〕本発明のさらに他の実施形態について、図37ないし図48に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の

符号を付記し、その説明を省略する。

【0233】本実施の形態の反射型LCDは、図37に示すように、反射型液晶セル10aの前面にフロントライト20aを備えている構成については、前記実施の形態1と同様であるが、反射型液晶セル10aとフロントライト20aとの間に第2の導光体（光学手段）である反射防止フィルム（反射防止膜）13を配置している点、導光体24aに形成されている平坦部21および傾斜部22の幅（ピッチ）が異なっている点、および、反射型液晶セル10a内部に反射電極（反射板）17aを形成している点が前記実施の形態1とは異なっている。

【0234】まず、フロントライト20aについて具体的に説明すると、このフロントライト20aは、前記実施の形態1と同様に主として光源26および導光体24aによって構成されており、導光体24aの入射面25に接するように反射鏡27で覆われた線状光源としての光源26が設けられている。

【0235】導光体24aの液晶セル10a側の界面（第1の出射面）28は平坦に形成されており、この界面向対する界面（第2の出射面）23は、界面28と平行あるいは略平行に形成された平坦部21と、平坦部21に対して同方向に一定の角度で傾斜した傾斜部22とが、交互に配置されて形成されている。

【0236】このように、導光体24aは、前記実施の形態1における導光体24と同様に、図37に示すように、光源26の長手方向を法線とする断面において、光源26から遠さかるほど下かってゆく階段状に形成されている。

【0237】ここで、図38（a）ないし（c）を参照しながら、導光体24aの形状について、さらに詳細に説明する。図38（a）は、導光体を平坦部の法線方向上方から見た平面図であり、図38（b）は、導光体を入射面の法線方向から見た側面図であり、図38（c）は、導光体を入射面および界面の双方に対して垂直な面で切断した断面図である。

【0238】導光体24aの材質としては、本実施の形態ではアクリル板を用いており、このアクリル板を金型成形することで導光体24aを階段状に加工することができる。この導光体24aは、本実施の形態では、幅 $W=7.5\text{ mm}$ 、長さ $L=17.0\text{ mm}$ 、入射面25部分の厚み $h_1=2.0\text{ mm}$ 、平坦部21の幅 $w_1=0.2\text{ mm}$ とする。また、傾斜部22の段差 $h_2=1.0\text{ }\mu\text{ m}$ 、平坦部21に対する傾斜角 $\alpha=45^\circ$ とすることにより、傾斜部の幅 $w_2$ は約 $1.0\text{ }\mu\text{ m}$ である。

【0239】さらに、本実施の形態では、導光体24aは、入射面25、すなわち光源26から遠さかる方向において、平坦部21の幅 $w_1$ と傾斜部22の幅 $w_2$ との和 $w_3=0.21\text{ mm}$ が徐々に小さくなるような構成を有している。この平坦部21および傾斜部22の構成について、図38（a）ないし（c）に加えて、図39に

基ついてさらに具体的に説明する。なお、導光体24aにおいて、光源26から遠ざかる側の方である光源26の長手方向を法線とする方向を、以下、第1方向とし、図38・図39中に矢印Aで示す。

【0240】図39に示すように、平坦部22と傾斜部22とを1本ずつ組み合わせて1組とし、光源26に最も近い側からの平坦部22と傾斜部22の100組を第1ブロックB<sub>1</sub>とする。そして、この第1ブロックB<sub>1</sub>における第1方向に沿った方向の間隔w<sub>1</sub>を21mmとなるように形成する。

【0241】次の100組のブロックである第2ブロックB<sub>2</sub>における上記間隔w<sub>1</sub>は20mmとなるように形成する。さらに、次の第3ブロックB<sub>3</sub>における間隔w<sub>1</sub>は19mmとなるように形成し、第4ブロックB<sub>4</sub>における間隔w<sub>1</sub>を18mmとなるように形成し、第5ブロックB<sub>5</sub>における間隔w<sub>1</sub>を17mmとなるように形成する。

【0242】従つて、本実施の形態では、導光体24aにおいて、光源26側の端面から第1方向に沿って光源26が配置されていない側の端面まで1ブロック毎に、各ブロックの間隔w<sub>1</sub>が1mmずつ減少するようになっている。すなわち、光源26から遠ざかるに伴って、平坦部22および傾斜部22の100組毎に、平坦部22のピッチおよび傾斜部22のピッチの和（平坦部22の幅w<sub>2</sub>と傾斜部22の幅w<sub>3</sub>との和w<sub>4</sub>）が、10μm

（1/100mm）ずつ減少していくように形成されている。なお、図38（a）ないし（c）では、説明の便宜上、平坦部22および傾斜部22のピッチの減少については図示していない。

【0243】上記導光体24aにおいては、上記傾斜部22は、主として、光源26からの光を界面28へ向けて反射する面である微小光源部として作用する。一方、平坦部22は、主として、フロントライト20aからの照明光が、液晶セル10aから反射光として戻ってきたときに、この反射光を観察者側へ透過させる面として作用する。これら各部の作用については、前記実施の形態1と同様である。

【0244】さらに、上記フロントライト20aにおける導光体24aは、この階段状の構成に加えて、平坦部22および傾斜部22の100組毎に、1組のピッチをたとえば10μmずつ小さくする、すなわち、階段のピッチを光源26から遠ざかるに伴って小さくする構成を備えている。そのため、図40（a）に示すように、傾斜部22の単位面積当たりの数が光源26から遠ざかるに伴い増加することになる。

【0245】光源26から入射面25した入射光は、微小光源部として作用する傾斜部22によって反射されるが、傾斜部22の単位面積当たりの数は光源26から遠ざかるに伴い増加しているため、フロントライト20aで照明される被照明物である反射型液晶セル10aは、

光源26から遠ざかる位置ほど輝度が向上することになる。通常、光源26から遠い位置であるほど輝度は低下する傾向にあるので、本実施の形態の導光体24aの構成であれば、界面28（第1の出射面）において、光源26からの遠ざかることによる輝度の低下を相殺し、光源26からの光を高角度で効率よく被照明物全体に導くことができる。その結果、被照明物側の界面（第1の出射面）である界面28側における輝度分布を平均化することができる。

10 【0246】これに対して、図40（b）に示すように、導光体124が楔型平板状に形成されている従来のフロントライト120では、光源26から入射面125に入射した入射光は、そのまま界面123によって反射されることになる。それゆえ、第1の出射面（フロントライト120では界面128）における輝度は、光源26から遠ざかるほど低下する。

20 【0247】さらに、第1の出射面における輝度の分布状態は、図41に示すように、従来のフロントライト120の輝度分布を示すグラフDに比べて、本実施の形態のフロントライト20aの輝度分布を示すグラフBの方が、光源26からの距離が大きい位置でも略一定となっている。そのため、本実施の形態のフロントライト20aの方が、第1の出射面（界面28）における輝度分布の均一性において優れていることがわかる。

30 【0248】また、上記構成の導光体24aでは、階段のピッチが0.21mmであるために、導光体24aに対応する反射型液晶セル10aの画素の周囲に形成されているブラックマトリクスのピッチと上記傾斜部22の溝のピッチがずれることになる。その結果、ブラックマトリクスと傾斜部22との干渉によるチアレ縞の発生を抑制することができるため、得られる反射型LCDの表示品位を向上させることができる。なお、この点については後述する。

40 【0249】上記導光体24aの出射角度特性についての結果を示すと、図42に示すように、被照明物である反射型LCD側（界面28側）のグラフGでは、受光角が-10°から+5°の間をピークとして2,000cd/m<sup>2</sup>に達する程度までに輝度が上昇している。これに対して、観察者側（界面23側）のグラフHでは、受光角が+60°のときに最高500cd/m<sup>2</sup>の輝度となる程度で、反射型LCDを観察する角度である0°近傍では輝度は100cd/m<sup>2</sup>以下となっている。

50 【0250】このように、導光体24aの端面に配置された光源26からの光は、界面28から被照明物（反射型LCD）に対して略垂直な角度で出射できる。同時に、界面23側である観察者側には光の漏れがほとんどなく、光源26からの光を高角度で効率よく被照明物に導くことができる。

【0251】なお、本実施の形態では、光源26として蛍光管を用いているが、光源26としてはこれに限定さ

れるものではなく、たとえば、LED（発光ダイオード）、EL素子、またはタンデム型LEDを用いることができる。

【0252】次に、液晶セル10aについて説明すると、この液晶セル10aは、図37に示すように、基本的な構成としては前記実施の形態1の液晶セル10と同様であるが、反射板17aを液晶セル10a内に形成している点が異なっている。

【0253】この液晶セル10aは、図43にも示すように、一対の電極基板11a・11cにより液晶層12を挟持し、さらに、表示面側である電極基板11a側に位相差板49と偏光板18とを備えている構成である。なお、位相差板49（図37には図示せず）は図43では1枚のみ備えられているが、2枚以上であってもよく、また、備えられていなくてもよい。

【0254】上記電極基板11aは、光透過性を有するガラス基板14a上に、カラーフィルタ38が設けられ、その上に透明電極15a（走査線）が設けられ、この透明電極15aを覆うように液晶配向膜16aが形成されてなっている。なお、電極基板11aに対し、必要に応じて絶縁膜等を形成しても良い。なお、カラーフィルタ38は、図37には図示していない。

【0255】一方、電極基板11cは、ガラス基板14b上に絶縁膜19が形成され、さらにその上に反射電極（反射板）17aが形成され、この反射電極17aを覆うように液晶配向膜16bが形成されてなっている。上記絶縁膜19の表面には複数の凹凸部が形成されており、この絶縁膜19を覆っている反射電極17aの表面にも複数の凹凸部が形成されている。

【0256】上記反射電極17aは、液晶層12を駆動する液晶駆動電極と反射板とを兼ねている。この反射電極17aとしては、反射特性の優れたアルミニウム（Al）反射電極が用いられている。また、上記絶縁膜19は有機レジストにて形成されており、この絶縁膜19におけるコンタクトホールや凹凸部は後述するフォトリソグラフィにより形成される。上記ガラス基板14a・14b、透明電極15a・15b、および液晶配向膜16a・16bの材質や形成方法などは、前記実施の形態1と同様である。

【0257】上記電極基板11cの形成方法について、図44（a）～（e）に基づいて、さらに詳しく説明する。まず、図44（a）に示すように、ガラス基板14b上に有機レジストを全面に塗布し、焼成することにより絶縁膜19を形成する。その後、図44（b）に示すように、マスク30を介して絶縁膜19に紫外線30aを照射する。これによって、絶縁膜19における紫外線30aの照射部を除去し、図44（c）に示すように、紫外線30aの被照射部を所定のパターンに形成する。

【0258】次に、図44（d）に示すように、所定のパターンに形成された絶縁膜19に対して、180°で

加熱処理を施して焼成することにより、有機レジストに熱だれを生じさせる。この熱だれにより、凹凸部19aを形成する。

【0259】最後に、図44（e）に示すように、この凹凸部19aを覆うように、アルミニウム（Al）を真空蒸着させる。これによって、凹凸部19aに沿ってその表面に凹凸部が形成された反射電極17aが形成される。なお、図44（a）～図44（e）では、絶縁膜19は所定のパターンとなる凹凸部19aとして形成されているが、図37や図43に示すように、絶縁膜19の表面のみに凹凸部が形成されているような構成であってもよい。

【0260】このようにして得られる電極基板11cと上記電極基板11aとは、互いの液晶配向膜16a・16bが対向するように、且つ、ラビング処理の方向が反平行になるように配置され、接着剤を用いて貼り合わされる。また、電極基板11a・11cの間には、この電極基板11a・11cにより形成される空隙の間隔を均一にするために、粒径4.5μmのガラスビーズスパーサ（図示せず）が予め散布されている。そして、この空隙に、真空脱気により液晶を導入することによって、液晶層12が形成される。なお、液晶層12の材料も前記実施の形態1と同様である。

【0261】上記のようにして本実施の形態の反射型液晶セル10aが製造されるが、上記の説明以外の製造工程や製造条件などは、前記実施の形態1における反射型液晶セル10と同様であるため省略する。

【0262】上記電極基板11cにおける反射電極17a上に形成されている凹凸部のパターン（すなわち、絶縁膜19の凹凸部19aのパターン）は、不規則に形成することによって、反射型液晶セル10aに入射する入射光を特定方向に拡散反射するように形成している。

【0263】上記絶縁膜19における凹凸部は、凸部の頂点と凹部の底面との差が0.1μmないし2μmの範囲内であることが好ましい。凹凸部における凸部の頂点と凹部の底面との差がこの範囲内であれば、液晶分子の配向および液晶セルのセル厚に影響を及ぼすことなく入射光を拡散することができる。

【0264】このように形成された上記反射電極17aの反射特性をほぼ紙と同様の拡散反射特性を示す標準白色板（MGO）の反射特性と比較した場合について図45に基づいて説明する。上記MGO（および紙など）は、図中破線のグラフMで示すように等方性を示す反射特性を示している。これに対して、上記反射電極17a（MRS）は、図中実線のグラフNで示すように±30°の角度に指向性を示す拡散反射特性を有している。

【0265】このような反射電極17aを備えている反射型液晶セル10aに対して、正反射方向以外から光が入射しても、画像の観察が可能となる。なお、上記反射電極17aの反射特性は、図45に示すような特性に限

定されるものではなく、反射電極17aの設計を適宜変更することによって、反射型LCDの使用される機器の種類に応じた特性に対応させることが可能である。

【0266】また、上記反射電極17aは、反射型液晶セル10a内の液晶層12に隣接するように形成されているため、反射板が反射型液晶セル10aの背面側（導光体24aと接する側の面に対向する側の面）に形成されている場合と比較して、ガラス基板14bによる視差の発生を解消できる。そのため、得られる反射型LCDにおいて、画像の多重写りを抑制することができる。また、反射型液晶セル10aの構成を簡素化することもできる。

【0267】なお、本実施の形態における反射電極17aは、図37および図43に示すように、反射型液晶セル10aの表示モードが偏光板18を備えている偏光モードであってもよく、また、図46に示すように、ゲストホストモード（偏光板なし）の反射型液晶セルであってもよい。なお、この反射型液晶セルについては、基本的な構成が反射型液晶セル10aとほとんど同一であるため、詳しい説明については省略する。

【0268】次に、上記液晶セル10aに配置されている画素構造について説明すると、図47に示すように、上記反射型液晶セル10aは、該反射型液晶セル10aの長手方向に沿って複数の走査線54…が形成されており、この走査線54…が形成されている方向に直交する方向に複数の信号線55…が形成されている。そして、この走査線54…と信号線55…とによって形成される格子状のパターンに対応するように、複数の画素56…が形成されている。

【0269】1つの画素56は、赤（R）・緑（G）・青（B）の3つのカラーフィルタに対応した画素電極56aからなっている。これら画素電極56aは、走査線54…が形成されている方向に沿って、R・G・Bの順に配置されている。

【0270】上記反射型液晶セル10aの形状としては、本実施の形態では、対角6.5型サイズ（縦 $W_1=5.8\text{mm}$ 、横 $L_1=15.4.5\text{mm}$ ）、走査線54数 $X_m=240$ 本、信号線55数 $Y_n=640$ 本となっている。また、反射型液晶セル10aに配置されている画素56のピッチ $P_1=0.24\text{mm}$ （R・G・B）である。上記画素56…の周辺には図示しないブラックマトリクス（以下、BMと略す）が幅 $8\mu\text{m}$ となるように形成されている。

【0271】本実施の形態にかかる反射型LCDでは、上述した反射型液晶セル10aとフロントライト20aとを組み合わせてなっている。ここで、フロントライト20aにおいて、導光体24aの平坦部21および傾斜部22のピッチが、上述したように $0.21\text{mm}$ で、走査線54…、すなわちBMのピッチよりも小さくなっている。そのため、上記反射型液晶セル10aにおけるB

Mのピッチと上記傾斜部22の溝のピッチとをずらすことができる。これら各ピッチがずれると、BMと傾斜部22との干渉によるモアレ縞の発生を抑制することができる。そのため、得られる反射型LCDの表示品位を向上させることができる。

【0272】上述した導光体24aの構成では、平坦部21および傾斜部22のピッチが走査線54…のピッチよりも小さくなっているが、上記ピッチを走査線54…のピッチよりも大きくしてもよい。すなわち、モアレ縞の発生を抑制するためには、傾斜部22の溝のピッチとBMのピッチとがずれておればよい。

【0273】ここで、平坦部21の幅 $w_1$ と傾斜部22の幅 $w_2$ との和 $w_3$ を傾斜部22の溝のピッチとする。また、上記BMは、走査線54…および信号線55…を遮蔽するように形成されているが、傾斜部22の溝と平行となるのは走査線54…であるため、走査線54…のピッチ $P_1$ をBMのピッチとする。

【0274】上記傾斜部22の溝のピッチとBMのピッチとがずれるためには、上記 $w_3$ と $P_1$ とが一致しない（ $w_3 \neq P_1$ ）状態であればよいが、この $w_3$ と $P_1$ との関係としては、 $w_1$ が $P_1$ の2倍よりも大きい幅であるか（ $w_3 > 2P_1$ ）、あるいは、 $w_3$ が $P_1$ の半分よりも小さい幅である（ $w_3 < 1/2P_1$ ）ことが特に好ましい。

【0275】上記 $w_3$ と $P_1$ との関係が上記の範囲より外れる場合は、傾斜部22の溝のピッチとBMのピッチとがずれるといっても、光学的に判断した場合、概ね一致すると見なすことが可能である。そのため、モアレ縞の発生を効果的に抑制することができなくなるため好ましくない。

【0276】なお、本実施の形態における平坦部21の幅 $w_1$ と傾斜部22の幅 $w_2$ や、これら $w_1$ と $w_2$ との和 $w_3$ 、傾斜部22の角度などは、上記の数値に限定されるものではなく、使用される反射型液晶セル10aの画素構造に合わせて形成すればよい。

【0277】また、本実施の形態では、輝度分布を平均化するために、光源26から遠さかる方向（第1方向）に平坦部21のピッチを減少させることで対応しているが、ピッチの代わりに傾斜部22の角度を変化させることで、平坦部21と傾斜部22とのピッチの和を減少させてもよい。たとえば、平坦部21を小さくするとともに、平坦部21と傾斜部22とのなす角度 $\alpha$ を光源26から遠さかる方向（第1方向）に小さくすることで平坦部21と傾斜部22とのピッチの和を小さくできる。この場合でも、傾斜部22に対して進入光を光源26から遠さかる方向（第1方向）に効率的に射出できるため輝度分布を平均化できる。

【0278】さらに、本実施の形態にかかる反射型LCDは、上記構成のフロントライト20aおよび上記構成の反射型液晶セル10aに加えて、該フロントライト2

0 a と反射型液晶セル 1 0 a との間に、第 2 の導光体としての反射防止膜が配置されている構成である。

【0279】この反射防止膜について説明すると、上記反射型 LCD では、図 37 に示すように、反射型液晶セル 1 0 a に配置された偏光板 1 8 と導光体 2 4 a の界面（第 1 の出射面）に、上記反射防止膜としての反射防止フィルム 1 3 が接着される。

【0280】この反射防止フィルム 1 3 は、本実施の形態では、日東電工株式会社製の反射防止フィルム（商品名：TAC-HC、AR）を用いている。この反射防止フィルム 1 3 は 4 層の構成を有する多層構造膜となっている。具体的には、基材層としてトリアセチルセルローズ（TAC）フィルムを用い、その上に、第 1 層として MgF<sub>2</sub> 層、第 2 層として CeF<sub>3</sub> 層、第 3 層としての TiO<sub>2</sub> 層、第 4 層として MgF<sub>2</sub> 層をそれぞれ形成した反射防止フィルム 1 3 となっている。

【0281】上記 TAC フィルムは、屈折率  $n_1 = 1.51$  で厚さ  $100 \mu\text{m}$  となっている。また、第 1 層の MgF<sub>2</sub> 層は、屈折率  $n_2 = 1.38$  で厚さ約  $100 \text{ nm}$ 、第 2 層の CeF<sub>3</sub> 層は、屈折率  $n_3 = 2.30$  で厚さ約  $120 \text{ nm}$ 、第 3 層の TiO<sub>2</sub> 層は、屈折率  $n_4 = 1.63$  で厚さ約  $120 \text{ nm}$ 、第 4 層の MgF<sub>2</sub> 層は、屈折率  $n_5 = 1.38$  で厚さ約  $100 \text{ nm}$  となっている。これら第 1 層ないし第 4 層は、基材層の TAC フィルム上に順次、真空蒸着法によって形成される。

【0282】さらに、フロントライト 2 0 a との接着の際には、導光体 2 4 a に用いられているアクリル材の屈折率  $n_6$  と略同士の屈折率  $n_1$  を有するアクリル系の接着剤の層を形成している。そのため、導光体 2 4 a 内の光の入出力条件をほぼ変えることなしに反射防止効果を向上することができるとともに、輝度分布のムラや虹色の分光の発生も防止することができる。

【0283】なお、上記第 1 層の TAC フィルムは、反射防止フィルム 1 3 の構成としては必須の構成ではなく、たとえば、第 1 層を除いて、第 2 層ないし第 4 層を導光体 2 4 a に直接積層してもよい。ただし、この場合には、製造コストが若干上昇するおそれがある。

【0284】上記多層構造膜の反射防止フィルム 1 3 は、波長  $\lambda = 550 \text{ nm}$  の入射光に対して、 $\lambda/4 = \lambda/2 = \lambda/4 = \lambda/4$  の 4 波長板となる構成となっている。そのため、該反射防止フィルム 1 3 は、広波長帯域で反射防止フィルム 1 3 として作用することができる。

【0285】上述した導光体 2 4 a では、該導光体 2 4 a の表面（界面 2 3）に形成されている傾斜部 2 2 は、反射型液晶セル 1 0 a に対する微小光源部として機能することになる。そのため、傾斜部 2 2 から反射型液晶セル 1 0 a に対して光が照射されることになるが、導光体 2 4 a と反射型液晶セル 1 0 a との界面、すなわち、界面 2 3 に対向する面である界面 2 8 において、傾斜部 2 2 からの光のうちの約 4% 程度が反射されて反射光とな

る。

【0286】この反射光の発生により、界面 2 8 から界面 2 3 側へ反射像が形成されることになる。そのため、この反射像と、上記傾斜部 2 2 における像とが互いに干渉または回折し、観察者から見て、反射型 LCD の表面に輝度分布のムラや虹色の分光が生じることになる。

【0287】しかしながら、本実施の形態にかかる反射型 LCD では、反射型液晶セル 1 0 a とフロントライト 2 0 a との間、すなわち、導光体 2 4 a の界面 2 8 側には、上記反射防止膜（反射防止フィルム 1 3）を配置しているため、傾斜部 2 2 からの入射光が界面 2 8 で反射されて生ずる反射光の発生を抑制することができる。

【0288】それゆえ、微小光源部として作用する傾斜部 2 2 における像と、界面 2 8 側で反射された反射像との干渉または回折を防止することができる。そのため、観察者側（界面 2 3 側）にて観察される表示上の輝度分布のムラや虹色の分光の発生を防止することができる。

【0289】この反射防止フィルム 1 3 を配置している場合と配置していない場合とについて、本実施の形態の反射型 LCD における表示の輝度分布を比較すると、図 48 に示すように、反射防止フィルム 1 3 を配置していない場合のグラフ D よりも反射防止フィルム 1 3 を配置している場合のグラフ C の方が、輝度分布にムラがなく、一定であり、且つ、輝度そのものも向上していることがわかる。

【0290】また、上記構成の反射防止フィルム 1 3 は、市販されているものをそのまま用いることができるため、フロントライト 2 0 a の製造コストの上昇を抑制することができる。そのため、安価なフロントライト 2 0 a およびこれを備えた反射型 LCD を得ることができる。

【0291】さらに、第 1 の導光体である導光体 2 4 a の屈折率  $n_6$  とほぼ等しい屈折率  $n_1$  を有する接着剤にて上記反射防止フィルム 1 3 を接着しているため、導光体 2 4 a 内の光の入出力条件をほぼ変えることなく反射防止効果を向上することができる。

【0292】なお、上記反射防止フィルム 1 3 の構成および材質に関しては、上記の構成および材質に限定されるものではない。たとえば、波長板の構成として、 $\lambda/4 = \lambda/8$ 、 $\lambda/2 = \lambda/8$ 、 $\lambda/2 = \lambda/8$ 、 $\lambda/2 = \lambda/8$  の構成となってもよい。このような波長板の構成とすることで、さらに広い波長帯域で反射防止効果が得られる。また、 $\lambda/4$  波長板の単層構成の反射防止フィルムであってもよい。ただし、この場合は、反射防止効果の得られる波長帯域が狭くなるおそれがある。

【0293】以上のように、導光体 2 4 a の表面（界面 2 3）に形成されている平坦部 2 1 と傾斜部 2 2 との比のちを、光源 2 6 から遠さかる方向（第 1 方向）に向かうに伴って小さくなるように形成することによって、上記傾斜部 2 2 で反射される反射光量を、従来よりも光源



から遠ざかる方向へ増加させることができる。そのため、導光体24aの界面23（第1の出射面）における輝度分布を平均化することができる。

【0294】また、フロントライト20aにおける導光体24aの界面23に形成された平坦部21と傾斜部22とのピッチを反射型液晶セル10aのピッチよりも小さく形成することにより、画素56…の周囲に形成されているBMと上記傾斜部22の溝とによる光の干渉のために生ずるモアレ縞の発生を抑制できる。そのため、反射型LCDの表示品位の劣化を防止することができる。

【0295】さらに、反射型液晶セル10aとフロントライト20aとの間に、反射防止膜（反射防止フィルム13）を設けることによって、導光体24aの界面23における輝度分布のムラや虹色の分光の発生を防止することができる。そのため、より明るく、且つより表示品位の高い反射型液晶LCDを得ることができる。

【0296】加えて、反射型液晶セル10aにおける反射電極17aに凹凸部を形成することにより、液晶分子の配向およびセル厚に影響を及ぼすことなく入射光を拡散する。そのため、正反射方向以外から反射型液晶セル10aに光が入射しても画像の観察が可能となる。

【0297】〔実施の形態12〕本発明のさらに他の実施形態について、図49および図50に基づいて説明すれば以下のとおりである。なお、前記した各実施の形態で説明した構成と同様の機能を有する構成には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0298】本実施の形態の反射型LCDは、図49に示すように、基本的な構成は前記実施の形態2と同様であるが、反射型液晶セル10とフロントライトシステム51との間に第3の導光体（光学手段）である反射防止フィルム（反射防止膜）13を配置している点が異なっている。

【0299】上記反射防止フィルム13は、前記実施の形態1で用いたものと同じである。なお、反射防止フィルム13、反射型液晶セル10、およびフロントライトシステム51の説明については、前記実施の形態2および11において行っているため省略する。

【0300】本実施の形態では、上記反射防止フィルム13は、第1の導光体である導光体24および第2の導光体である導光体40に加えて、第3の導光体として機能している。

【0301】この反射防止フィルム13が形成されていない場合、第1の導光体24の界面23（第1の出射面）に形成されている傾斜部22からの光が第2の導光体40の底面（第2の表面）42で4%程度反射されて反射光となる。この反射光により形成される傾斜部22の像と上記導光体24における傾斜部22とは互いに干渉することになり、その結果、導光体24の界面28（第2の出射面）で輝度分布のムラが生じることになる。

【0302】そこで、本実施の形態にかかる反射型LCDでは、第2の導光体40の底面42と反射型液晶セル10の表示面側の面との間に、前記実施の形態11におけるものと同じの反射防止フィルム13を配置している。この反射防止フィルム13の配置によって、上記反射光の発生を効果的に抑制することができる。それゆえ、界面28における輝度分布のムラを抑制し、高品位の表示を実現可能とする反射型LCDを実現することができる。

10 【0303】上記反射防止フィルム13を反射型LCDに配置した場合と、配置しなかった場合とを比較すると、図50（a）・（b）に示すように、配置しなかった場合における輝度分布を示す図50（b）に比べて、上記反射防止フィルム13を配置した場合における輝度分布を示す図50（a）の方が、輝度のピークのピッチpが第2の導光体40の底面42全体にわたってほぼ等しい上に、輝度のピークがなだらかに輝度分布のムラが少なくなっている。それゆえ、輝度分布の状態が向上していることがわかる。なお、このときの測定条件は、前記実施の形態2において、図10に基づいて説明しているもので省略する。

【0304】また、上記反射防止フィルム13は、第2の導光体40の屈折率 $n_3$ とほぼ等しい屈折率 $n_4$ の接着剤にて上記反射防止フィルム13を接着している。そのため、第2の導光体40内の光の入出力条件をほぼ変えることなく反射防止効果を向上することができる。

30 【0305】さらに、上記構成の反射防止フィルム13としては、市販されているものをそのまま用いることができるため、フロントライトシステム51の製造コストの上昇を抑制することができる。そのため、安価なフロントライトシステム51およびこれを備えた反射型LCDを得ることができる。

【0306】

【発明の効果】以上のように、請求項1記載の発明に係る前方照明装置は、導光体が、光源から光を入射する入射面と、被照明物に向けて光を出射する第1の出射面と、上記第1の出射面に対向し、被照明物からの反射光を出射する第2の出射面とを備え、上記第2の出射面が、主として光源からの光を第1の出射面に向けて反射する傾斜部と、主として被照明物からの反射光を透過する平坦部とか交互に配置された階段状に形成されている構成である。

【0307】これにより、平坦部に平行に進行する光の成分が導光体の外へ漏れることなく、無駄なく被照明物へ照射される。従って、略平板状に形成された導光体を有する従来の構成と比較して、光源光の利用効率が向上し、より明るい前方照明装置が実現されるという効果を奏する。

50 【0308】請求項2記載の発明に係る前方照明装置は、上記導光体を第1の導光体とすると、上記第1の出

射面からの出射光の輝度分布を平均化する第2の導光体をさらに備えた構成である。

【0309】これにより、被照明物への出射光の輝度分布が平均化される。この結果、輝度むらのない面光源として機能する前方照明装置を提供することができるという効果を奏する。

【0310】請求項3記載の発明に係る前方照明装置は、第2の導光体が、第1の導光体の第1の出射面に対向する第1の表面と、上記第1の表面に対向し、第1の導光体から上記第1の表面を通して入射した光を被照明物へ出射する第2の表面とを備えると共に、上記第1の表面と第2の表面とが、第1の導光体の第2の出射面における各傾斜部から上記第2の表面までの距離が略均一になるように形成された構成である。

【0311】これにより、第1の導光体において光源からの光が反射する第2の出射面の傾斜部のそれぞれから、被照明物への出射面となる第2の導光体の第2の表面までの距離が均一化されるので、上記第2の表面からの出射光の輝度分布が平均化される。この結果、輝度むらのない面光源として機能する前方照明装置が実現されるという効果を奏する。

【0312】請求項4記載の発明に係る前方照明装置は、第1の導光体の屈折率と、第2の導光体の屈折率とがほぼ等しい構成である。

【0313】これにより、第1の導光体において第2の斜面の傾斜部で反射した光が、そのままの角度で被照明物に向かって出射することとなる。この結果、第2の導光体への入射時または第2の導光体からの出射時の屈折による光の軌跡の変化を考慮しなくて済み、設計が容易となるという効果を奏する。

【0314】請求項5記載の発明に係る前方照明装置は、第1の導光体と第2の導光体とが一体に形成された構成である。

【0315】これにより、製造工程が簡略化されるという効果を奏する。

【0316】請求項6記載の発明に係る前方照明装置は、第2の導光体における第2の表面には、第1の導光体における第2の出射面からの光が該第2の表面で反射されることを抑制する光学手段を、第3の導光体として備えている構成である。

【0317】これにより、第1の導光体の傾斜部からの入射光が第2の表面で反射されて生ずる反射光の発生を抑制することができる。それゆえ、傾斜部における像と反射光による反射像との干渉または回折を防止することができる。その結果、表示上の輝度分布のムラや虹色の分光の発生を防止することができるという効果を奏する。

【0318】請求項7の発明に係る前方照明装置は、上記光学手段が反射防止膜である構成である。

【0319】これにより、市販の反射防止膜を用いるこ

とができるので、前方照明装置の製造コストの上昇を抑制することができるという効果を奏する。

【0320】請求項8の発明に係る前方照明装置は、上記光学手段は、上記第2の導光体が有する屈折率とほぼ等しい屈折率を有する接着剤により第2の導光体と接着されている構成である。

【0321】これにより、第2の導光体内の光の入出力条件をほぼ変更することなく反射防止効果を向上することができる効果を奏する。

10 【0322】請求項9記載の発明に係る前方照明装置は、第2の導光体が、第1の導光体における第1の出射面からの出射光を散乱させる光散乱体である構成である。

【0323】これにより、第1の導光体からの出射光が散乱され、被照明物への出射光の輝度分布が平均化される。この結果、輝度むらのない前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

20 【0324】請求項10記載の発明に係る前方照明装置は、光散乱体が、所定の角度範囲から入射した光のみを散乱する異方性散乱体であり、第1の導光体からの出射光が第2の導光体へ入射する角度範囲の少なくとも一部が、上記所定の角度範囲に含まれる構成である。

【0325】これにより、第1の導光体からの出射光が無駄なく散乱されると共に、不要な散乱光によって被照明物の像が劣化することが防止される。この結果、光の利用効率がさらに向上し、被照明物の鮮明な像が得られる前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0326】請求項11記載の発明に係る前方照明装置は、光散乱体が、前方散乱体である構成である。

30 【0327】これにより、第1の導光体から入射した光の後方散乱がなくなるので、光の利用効率がさらに向上すると共に、後方散乱光によって被照明物の像が劣化することが防止される。この結果、被照明物の鮮明な像が得られる前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

40 【0328】請求項12記載の発明にかかる前方照明装置は、上記第2の導光体が、第1の導光体における第2の出射面からの光が該第1の導光体における第1の出射面で反射することを抑制する光学手段である構成である。

【0329】これにより、第1の導光体の傾斜部からの入射光が第1の出射面で反射されて生ずる反射光の発生を抑制することができる。それゆえ、傾斜部における像と反射光による反射像との干渉または回折を防止することができる。その結果、表示上の輝度分布のムラや虹色の分光の発生を防止することができるという効果を奏する。

【0330】請求項13の発明に係る前方照明装置は、上記光学手段が反射防止膜である構成である。

50 【0331】これにより、市販の反射防止膜を用いるこ

とかできるので、前方照明装置の製造コストの上昇を抑制することができるという効果を奏する。

【0332】請求項14の発明に係る前方照明装置は、上記光学手段は、上記第1の導光体が有する屈折率とほぼ等しい屈折率を有する接着剤により第1の導光体と接着されている構成である

【0333】これにより、第1の導光体内の光の入出力条件をほぼ変えることなく反射防止効果を向上させることができるという効果を奏する

【0334】請求項15記載の発明に係る前方照明装置は、第1の導光体と第2の導光体との間に、これらの導光体の間に存在する光学的界面での屈折率差を緩和する充填剤が導入された構成である

【0335】これにより、第1の導光体と第2の導光体との間に存在する光学的界面での反射による光の減衰が抑制される。この結果、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0336】請求項16記載の発明に係る前方照明装置は、光源と入射面との間に、入射面から第1の導光体における第1の出射面へ直接入射する成分がほぼなくなる範囲に光源からの光の広がり制限する光制御手段を備えた構成である

【0337】これにより、入射面から導光体へ入射する光のうち、第1の出射面へ直接入射する成分をほとんどなくすることができるので、第1の出射面から第2の導光体へ比較的大きな入射角で入射する成分を少なくすることができる。この結果、光の利用効率がさらに向上することができるので、より明るい前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0338】請求項17記載の発明に係る前方照明装置は、入射面が、導光体の側面に存在する構成である

【0339】これにより、観察者からは光源が直接見えないので、光源からの直接光が被照明物の像に影響を及ぼさない。この結果、鮮明な被照明物像が得られる前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0340】請求項18記載の前方照明装置は、請求項11記載の構成において、第1の出射面に垂直な平面への上記傾斜部の射影の総和が、上記平面への入射面の射影にほぼ等しい構成である。

【0341】上記の構成によれば、導光体の入射面から入射した光のうち、第1の出射面に平行な成分のすべてが傾斜部へ入射し、第1の出射面へ向けて反射する。これにより、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい面光源としての前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0342】請求項19記載の発明に係る前方照明装置は、入射面と上記第1の出射面とが鈍角をなして配されている構成である。

【0343】これにより、入射面から入射した光源光の

うち、第1の出射面へ直接入射する成分が少なくなる。この結果、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい前方照明装置を提供できるという効果を奏する

【0344】請求項20記載の発明に係る前方照明装置は、光源からの光を上記入射面のみに入射させる集光手段をさらに備えた構成である

【0345】これにより、光源光の損失をさらに少なくできる。この結果、光源光の利用効率がさらに向上し、より明るい前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

10 【0346】請求項21記載の発明に係る前方照明装置は、傾斜部の上記第1の出射面への射影の総和が、上記平坦部の上記第1の出射面への射影の総和よりも面積が小さい構成である。

【0347】これにより、主として被照明物の像の表示に寄与する平坦部の面積が見かけ上増加する。この結果、明るく鮮明な像が得られる前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

20 【0348】請求項22記載の発明に係る前方照明装置は、上記平坦部が、上記第1の出射面と平行であるか、あるいは、上記第1の出射面に対して $10^\circ$ 以下の傾斜角度を有する構成である

【0349】これにより、被照明物の像の表示品位に対する影響を与えず、明るく鮮明な像が得られる前方照明装置を提供できるという効果を奏する

【0350】請求項23記載の発明に係る前方照明装置は、導光体の屈折率を $n_2$ 、上記傾斜部に接する外部媒質の屈折率を $n_1$ とすると、光源から傾斜部へ入射する光の入射角 $\theta$ が下記の不等式を満足する構成である

30 【0351】 $\theta \geq \arcsin(n_1/n_2)$   
これにより、光源からの光が傾斜部から観察者側へ漏れることがなく、光の利用効率がさらに向上する。この結果、より明るい前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0352】請求項24記載の発明に係る前方照明装置は、傾斜部の表面に、光を反射させる反射部材が設けられた構成である。

40 【0353】これにより、光源からの光が傾斜部から観察者側へ漏れることがなく、光の利用効率がさらに向上する。この結果、より明るい前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0354】請求項25記載の発明に係る前方照明装置は、導光体の屈折率を $n_2$ 、上記傾斜部に接する外部媒質の屈折率を $n_1$ とすると、光源から傾斜部へ入射する光の入射角 $\theta$ が下記の不等式を満足する構成である。

50 【0355】 $\theta < \arcsin(n_1/n_2)$   
これにより、光源から傾斜部へ入射する光の入射角 $\theta$ が上記の不等式を満たす範囲まで、平坦部に対する傾斜部の傾斜角度を大きくすることが可能となる。この結果、平坦部の法線方向から見た場合に、被照明物の像の表示に寄与しない傾斜部が視認されにくくなり、被照明物の

像の表示品位の向上が図れるという効果を奏する。

【0356】請求項26記載の発明に係る前方照明装置は、上記反射部材の表面に、遮光部材が設けられた構成である。

【0357】これにより、周囲光が反射部材で反射して観察者の目に入ることがない。この結果、鮮明な被照明物像が得られる前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0358】請求項27記載の発明に係る前方照明装置は、第2の出射面における平坦部からの出射光と傾斜部からの出射光との出射方向をそろえる補償手段をさらに備えた構成である。

【0359】これにより、被照明物の像のにじみやボケがなく、鮮明な像を得ることが可能となるという効果を奏する。

【0360】請求項28記載の発明に係る前方照明装置は、補償手段が、導光体の第2の出射面に対向する第1の表面と、上記第1の表面に対向する第2の表面とを備えると共に、補償手段の第1の表面が、導光体の第2の出射面の傾斜部と略平行な傾斜面と、上記第2の出射面の平坦部と略平行な平坦面とが交互に配置されて、上記第2の出射面と相補する階段状に形成され、上記補償手段の第2の表面が、導光体の第1の出射面と略平行に配置されている構成である。

【0361】これにより、平坦部から観察者側へ出射する光の出射方向と、傾斜部から観察者側へ出射する光の出射方向とがそろえられる。この結果、被照明物の鮮明な像を得ることが可能となるという効果を奏する。

【0362】請求項29記載の発明に係る前方照明装置は、補償手段において、主として第2の出射面の傾斜部からの出射光が入射する領域と、主として第2の出射面の平坦部からの出射光が入射する領域とが、互いに異なる屈折率を有する。

【0363】これにより、導光体の第2の出射面の平坦部から観察者側へ出射する光の出射方向と、傾斜部から観察者側へ出射する光の出射方向とがそろえられる。この結果、にじみやボケのない鮮明な被照明物像が得られる前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0364】請求項30記載の発明に係る前方照明装置は、補償手段において、主として第2の出射面の傾斜部からの出射光が入射する領域に、回折素子が設けられた構成である。

【0365】これにより、導光体の第2の出射面の平坦部から観察者側へ出射する光の出射方向と、傾斜部から観察者側へ出射する光の出射方向とがそろえられる。この結果、にじみやボケのない鮮明な被照明物像が得られる前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0366】請求項31記載の発明に係る前方照明装置は、補償手段において、主として第2の出射面の傾斜部からの出射光が入射する領域に、遮光部材が設けられた

構成である。

【0367】これにより、導光体の第2の出射面から観察者側へ出射する光が、平坦部からの出射光のみとなる。この結果、にじみやボケのない鮮明な被照明物像が得られる前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0368】請求項32記載の発明に係る前方照明装置は、光源と入射面との間に光源からの光の広がり制限する光制御手段をさらに備えた構成である。

【0369】これにより、傾斜部からの漏れ光が少なくなり、光の利用効率がさらに向上すると共に、被照明物の像のにじみやボケが防止される。この結果、明るく且つ鮮明な被照明物像が得られる面光源としての前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0370】請求項33記載の発明に係る前方照明装置は、光制御手段が、入射面から第2の出射面の傾斜部へ直接入射する光の入射角が臨界角よりも大きくなる範囲に光源からの光の広がり制限する構成である。

【0371】これにより、傾斜部からの漏れ光が少なくなり、光の利用効率がさらに向上すると共に、被照明物の像のにじみやボケが防止される。この結果、明るく且つ鮮明な被照明物像が得られる面光源としての前方照明装置を提供できるという効果を奏する。

【0372】請求項34記載の発明に係る前方照明装置は、導光体が、平面状の底面と、上記底面に対向する表面と、光源からの光が入射する入射面とを備え、上記表面が、底面に対して略平行な平坦部と、上記平坦部に対して同方向に傾斜した傾斜部とが交互に配置された階段状に形成された構成である。

【0373】これにより、本発明の前方照明装置では、平坦部に平行に進行する光の成分が導光体の外へ漏れることなく、傾斜部で反射して被照明物へ照射される。それゆえ、略平板状に形成された導光体を有する従来の構成と比較して、光源光の利用効率が向上する。この結果、明るい前方照明装置が実現されるという効果を奏する。

【0374】請求項35記載の発明にかかる前方照明装置は、導光体に形成されている平坦部のピッチと傾斜部のピッチとの和が上記入射面から遠ざかるに伴い小さくなっていく構成である。

【0375】これにより、光源から遠ざかることによる被照明物の輝度の低下を相殺し、光源からの光を高角度で効率よく被照明物全体に導くことができる。その結果、被照明物の表面における輝度分布を平均化することができるという効果を奏する。

【0376】請求項36記載の発明に係る反射型液晶表示装置は、反射板を有する反射型液晶素子を備えると共に、上記反射型液晶素子の前面に、請求項1記載の前方照明装置が配置された構成である。

【0377】これにより、例えば日中の屋外等のように十分な周囲光量がある場合には、前方照明装置を消灯し

た状態で使用する一方、十分な周囲光量が得られないときには、前方照明装置を点灯して使用することかできる。この結果、周囲環境に関わらず、常に明るい高品位な表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供できるといふ効果を奏する。

【0378】請求項37記載の発明に係る反射型液晶表示装置は、反射型液晶素子が走査線を備え、上記走査線のピッチと、前方照明装置の第2の出射面における平坦部のピッチとがほぼ等しく、走査線の上に平坦部が配置された構成である。

【0379】これにより、液晶素子の画素領域からの反射光が平坦部へ無駄なく入射するので、光の利用効率がさらに向上する。この結果、高品位な表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供できるといふ効果を奏する。

【0380】請求項38記載の発明に係る反射型液晶表示装置は、反射型液晶表示装置が走査線を備え、上記走査線のピッチよりも、前方照明装置の第2の出射面における平坦部のピッチと傾斜部のピッチとの和の方が小さい構成である。

【0381】これにより、ブラックマトリクスと傾斜部との干渉によるモアレ縞の発生を抑制することかできるため、得られる反射型液晶表示装置の表示品位を向上させることができるという効果を奏する。

【0382】請求項39記載の発明に係る反射型液晶表示装置は、反射型液晶表示装置が走査線を備え、上記走査線のピッチよりも、前方照明装置の第2の出射面における平坦部のピッチと傾斜部のピッチとの和の方が大きい構成である。

【0383】これにより、ブラックマトリクスと傾斜部との干渉によるモアレ縞の発生を抑制することかできるため、得られる反射型液晶表示装置の表示品位を向上させることができるという効果を奏する。

【0384】請求項40記載の発明に係る反射型液晶表示装置は、上記反射型液晶素子が、表面に凹部を有する反射板を備えている構成である。

【0385】これにより、液晶分子の配向および反射型液晶素子のセル厚とに影響を及ぼすことなく入射光を拡散する。そのため、正反射方向以外から光が入射しても、画像の観察が可能となるという効果を奏する。

【0386】請求項41記載の発明に係る反射型液晶表示装置は、上記反射板は、反射型液晶素子の液晶層を駆動するための液晶駆動電極を兼ねた反射電極であり、該液晶層に隣接して設けられている構成である。

【0387】これにより、反射型液晶素子を構成する電極基板による視差の発生を解消できる。そのため、得られる反射型液晶表示装置において、画像の2重写りを抑制することかできる。また、反射型液晶表示装置の構成を簡素化することかできるという効果を奏する。

【0388】請求項42記載の発明に係る反射型液晶表示装置は、前方照明装置か、反射型液晶素子に対して開

閉自在に設けられた構成である。

【0389】これにより、前方照明装置を必要としない場合に、前方照明装置によって周囲光の入射が妨げられることかない。この結果、常に明るい表示を実現し得る反射型液晶表示装置を提供できるといふ効果を奏する。

【0390】請求項43記載の発明に係る反射型液晶表示装置は、反射板を有する反射型液晶素子の前面に、請求項27記載の前方照明装置を備えた反射型液晶表示装置であって、上記補償手段が、所定の圧力に対して可撓性を有すると共に、上記補償手段および第2の出射面のそれぞれに、互いに接触することによって圧力が加えられた位置を検出する一対の位置検出手段が設けられた構成である。

【0391】これにより、前方照明装置がいわゆるタッチパネルとして機能する。この結果、液晶素子に表示された内容に対してペン入力可能な反射型液晶表示装置を提供できるといふ効果を奏する。

【0392】請求項44記載の発明に係る反射型液晶表示装置は、反射型液晶素子が走査線を備え、上記位置検出手段が第2の出射面の平坦部に形成された透明電極を含み、上記走査線のピッチと、上記透明電極のピッチとがほぼ等しく、走査線の上に透明電極が配置された構成である。

【0393】これにより、タッチパネルの解像度と液晶素子の解像度とがほぼ等しくなる。この結果、タッチパネルで入力を行う際の、入力像と表示像との一体感が向上し、操作性に優れた反射型液晶表示装置を提供できるといふ効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態に係る反射型LCDの構成を示す断面図である。

【図2】上記反射型LCDが備えるフロントライトの導光体の形状を示すものであり、同図(a)は、導光体を平坦部の法線方向上方から見た平面図、同図(b)は、導光体を入射面の法線方向から見た側面図、同図(c)は、導光体を、光源の長手方向を法線とする断面で切断した断面図である。

【図3】同図(a)ないし(c)は、光源からの光の導光体内での挙動を示す説明図である。

【図4】反射型LCDの反射板で反射した光の挙動を示す説明図である。

【図5】上記フロントライトの光強度を測定するための測定系の説明図である。

【図6】上記フロントライトの光強度の測定結果を示すグラフである。

【図7】同図(a)は、発光型ディスプレイからの出射光と周囲光との関係を示す説明図であり、同図(b)は、上記反射型LCDからの出射光と周囲光との関係を示す説明図である。

【図8】本発明の実施の他の形態に係る反射型LCDの

構成を示す断面図である。

【図9】同図(a)は、図8に示す反射型LCDが備えるフロントライトシステムにおいて、導光体の傾斜部から、上記フロントライトシステムの出射面となる面までの距離が均一であることを示す断面図、同図(b)は、比較のために、前記した実施形態の反射型LCDが備えるフロントライトにおいて、傾斜部からフロントライトの出射面となる面までの距離が均一でないことを示す断面図である。

【図10】同図(a)および(b)は、図9(a)および(b)にそれぞれ示した構成による照明光の輝度分布を測定するための測定系をそれぞれ示す説明図である。

【図11】同図(a)および(b)は、図9(a)および(b)にそれぞれ示した構成による照明光の輝度分布の測定結果をそれぞれ示すグラフである。

【図12】本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDの構成を示す断面図である。

【図13】図12に示す反射型LCDが備えるフロントライトシステムにおける光の挙動を示す模式図である。

【図14】図12に示す反射型LCDが備えるフロントライトシステムの照明光の輝度分布の測定結果を示すグラフである。

【図15】本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDにおいて、像のにじみやホケが生じる原理を示す説明図である。

【図16】上記反射型LCDの導光体の傾斜部の一部を拡大して示す断面図であり、上記傾斜部に金属反射膜が設けられた構成を示す。

【図17】同図(a)ないし(e)は、上記金属反射膜を形成する工程を示す断面図である。

【図18】上記金属反射膜がない場合の光の挙動を示す模式図である。

【図19】図16に示した構成の変形例を示す断面図である。

【図20】本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDの構成を示す断面図である。

【図21】上記反射型LCDにおける導光体と光学補償板との間の光の挙動を示す模式図である。

【図22】図20に示した構成の変形例としての反射型LCDの構成を示すものであり、同図(a)は、この反射型LCDの断面図、同図(b)および(c)は、この反射型LCDの光学補償板の構成例をそれぞれ示す断面図である。

【図23】本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDが備えるタッチパネルの構成を示す断面図である。

【図24】上記タッチパネルの断面図、およびこのタッチパネルに設けられた反射電極の平面図である。

【図25】上記タッチパネルにおいて、ペンで押圧された位置の座標を検出するための構成を示す平面図であ

る。

【図26】上記タッチパネルの一部が、ペンで押圧されているときの状態を示す断面図である。

【図27】本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDの構成を示す断面図である。

【図28】図27に示す反射型LCDの導光体において、入射面から入射した光が傾斜部で全反射されるための条件を説明するための説明図である。

【図29】図27に示す反射型LCDが備えるプリズムシートの集光特性を示すグラフである。

【図30】同図(a)および(b)は、図27に示す反射型LCDに対して、入射光の広がり制限するために適用できる他の構成例を示す説明図である。

【図31】同図(a)ないし(c)は、本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDが備える導光体の構成と共に、この導光体内の光の挙動を示す断面図である。

【図32】本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDの構成を示す断面図である。

【図33】図32に示す反射型LCDのフロントライトの入射面の傾き角の条件を説明するための説明図である。

【図34】本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDの構成を示す斜視図である。

【図35】本発明の実施に係るさらに他の形態としての照明装置の使用例を示す斜視図である。

【図36】図35に示す照明装置の使用例を示す平面図である。

【図37】本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDの構成を示す断面図である。

【図38】図37に示す反射型LCDが備えるフロントライトの導光体の形状を示すものであり、同図(a)は、導光体を平坦部の法線方向上方から見た平面図、同図(b)は、導光体を入射面の法線方向から見た断面図、同図(c)は、導光体を、光源の長手方向を法線とする断面で切断した断面図である。

【図39】図38に示す導光体における平坦部および傾斜部の構成を説明する説明図である。

【図40】同図(a)および(b)は、光源からの光の導光体内での挙動を示す説明図である。

【図41】図37に示す反射型LCDが備えるフロントライトにおける光源からの距離と輝度との関係を示すグラフである。

【図42】図37に示す反射型LCDが備えるフロントライトにおける出射光の角度の特性を示すグラフである。

【図43】図37に示す反射型LCDが備える反射型液晶セルの構成を示す断面図である。

【図44】同図(a)ないし(e)は、図43に示す反射型液晶セルにおける反射電極の形成方法を示す工程図

である。

【図45】図43に示す反射型液晶セルにおける反射電極の反射率角度依存性を示すグラフである。

【図46】図43に示す反射型液晶セルの他の例を示す断面図である。

【図47】図43に示す反射型液晶セルにおける画素、走査線および信号線の構成を示す平面図である。

【図48】図37に示す反射型LCDが備えるフロントライトにおける出射光の輝度および輝度分布特性を示すグラフである。

【図49】本発明の実施に係るさらに他の形態としての反射型LCDの構成を示す断面図である。

【図50】同図(a)および(b)は、図49に示す反射型LCDが備えるフロントライトおよび従来のフロントライトにおける照明光の輝度分布を測定結果をそれぞれ示すグラフである。

【図51】従来の補助照明付き反射型LCDの概略構成と共に、この反射型LCDにおける光の挙動を示す断面図である。

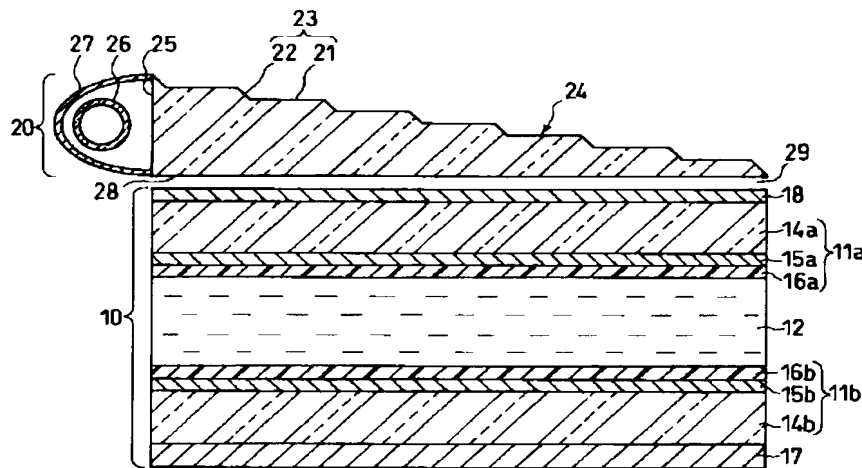
【図52】上記従来の反射型LCDにおける光の挙動を示す断面図である。

\*【符号の説明】

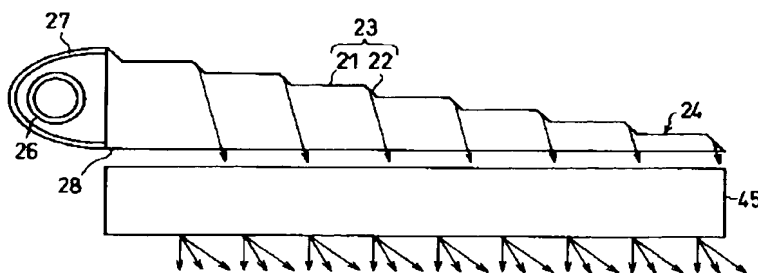
- |    |                       |
|----|-----------------------|
| 10 | 液晶セル (反射型液晶素子)        |
| 12 | 液晶層                   |
| 13 | 反射防止フィルム (反射防止膜、光学手段) |
| 17 | 反射板                   |
| 18 | 偏光板                   |
| 19 | 絶縁膜                   |
| 20 | フロントライト (前方照明装置)      |
| 21 | 平坦部                   |
| 22 | 傾斜部                   |
| 23 | 界面 (第2の出射面)           |
| 24 | 導光体 (第1の導光体)          |
| 25 | 入射面                   |
| 26 | 光源                    |
| 27 | 反射鏡 (集光手段)            |
| 28 | 界面 (第1の出射面)           |
| 45 | 第2の導光体                |
| 64 | 光学補償板 (補償手段)          |
| 72 | 透明電極 (位置検出手段)         |
| 73 | 反射電極 (位置検出手段)         |

\*

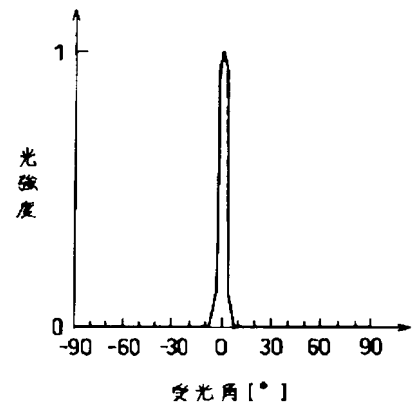
【図1】



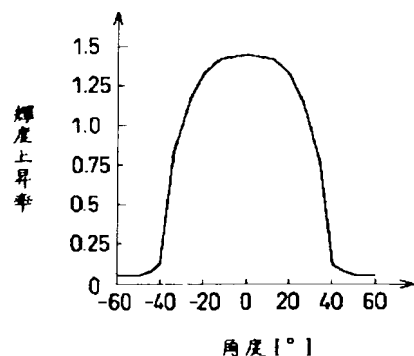
【図13】



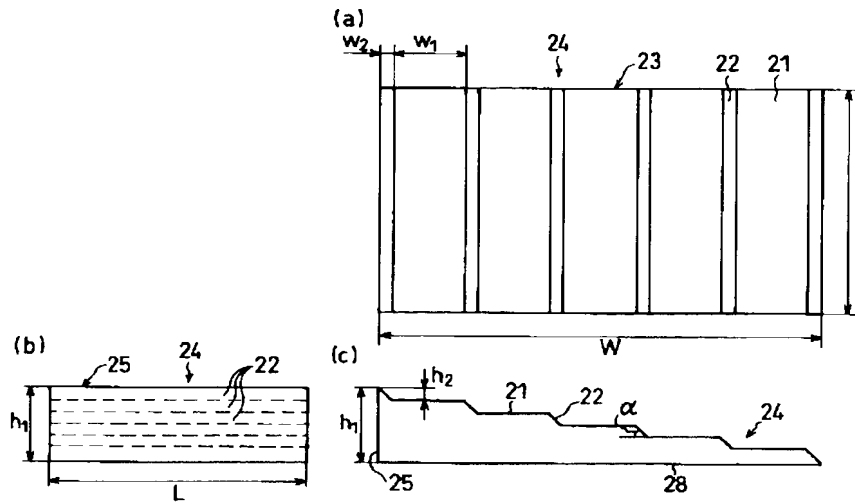
【図6】



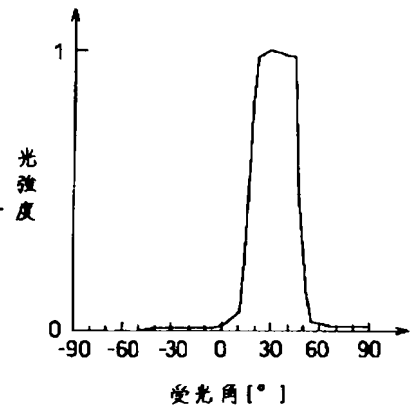
【図29】



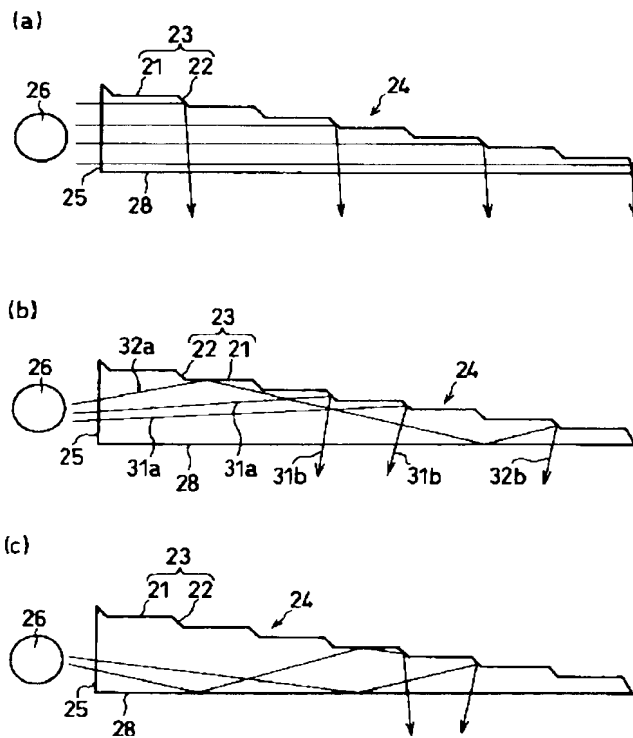
【図2】



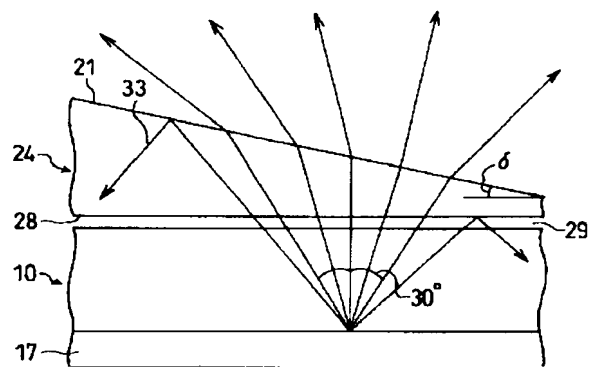
【図14】



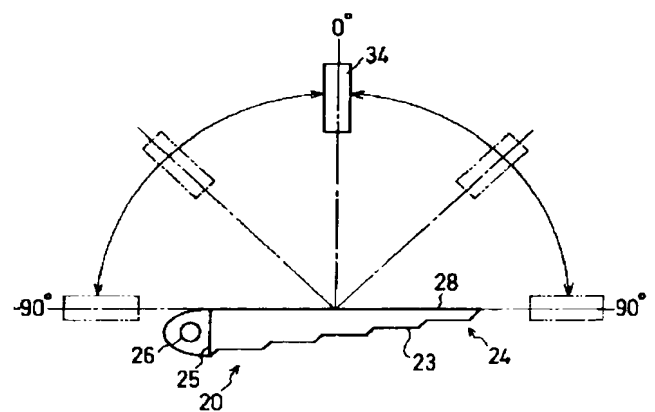
【図3】



【図4】

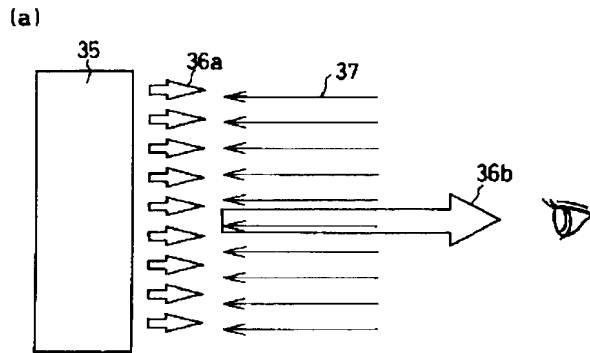


【図5】

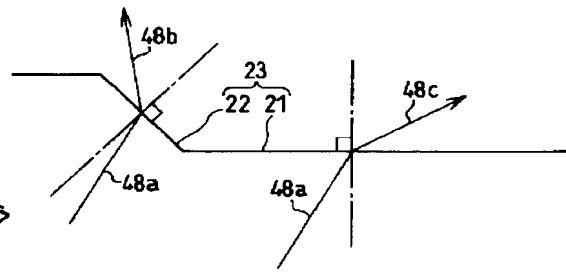




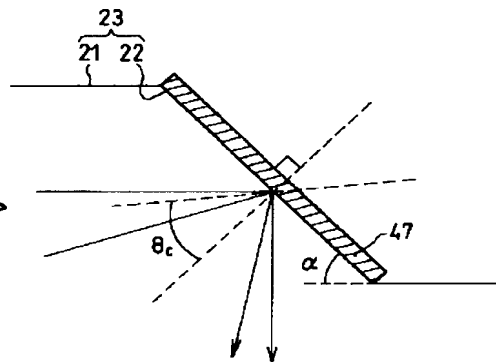
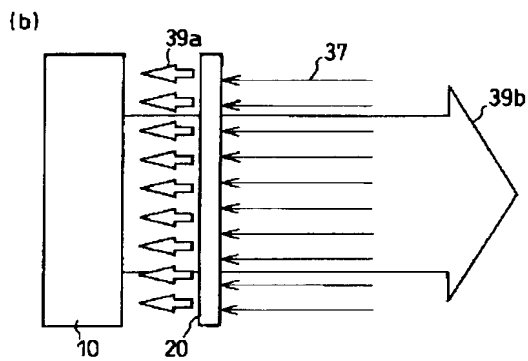
【図7】



【図15】

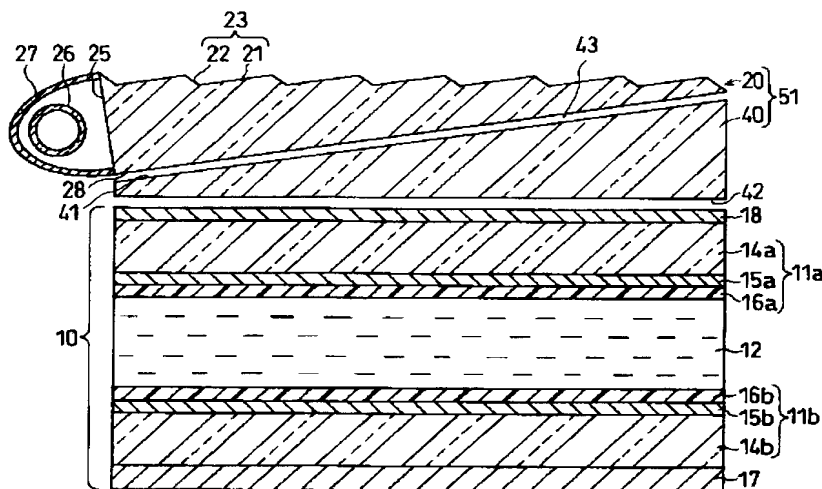


【図16】

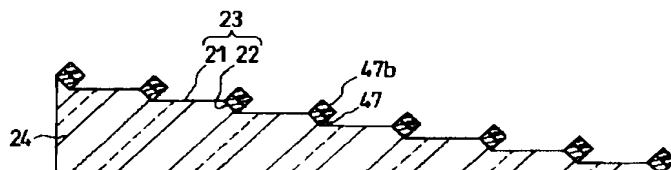
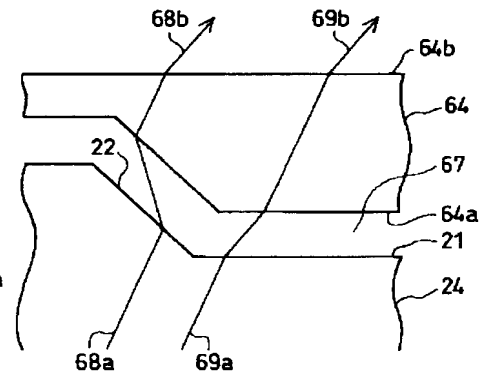


【図8】

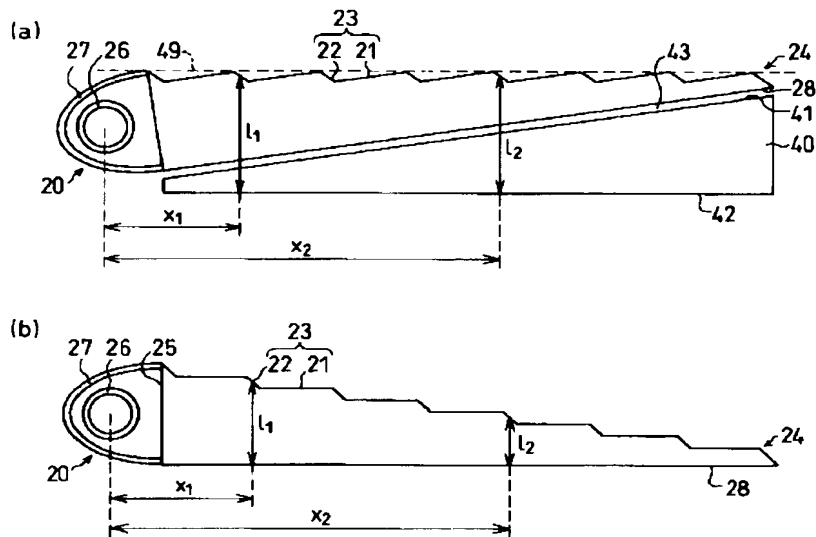
【図21】



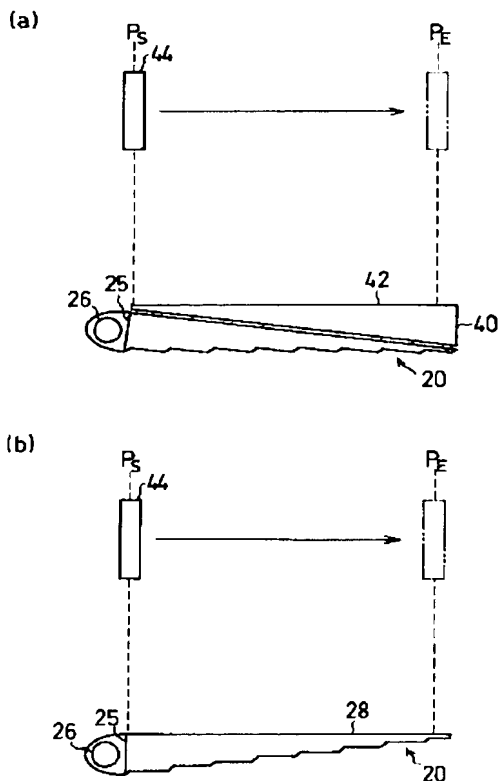
【図19】



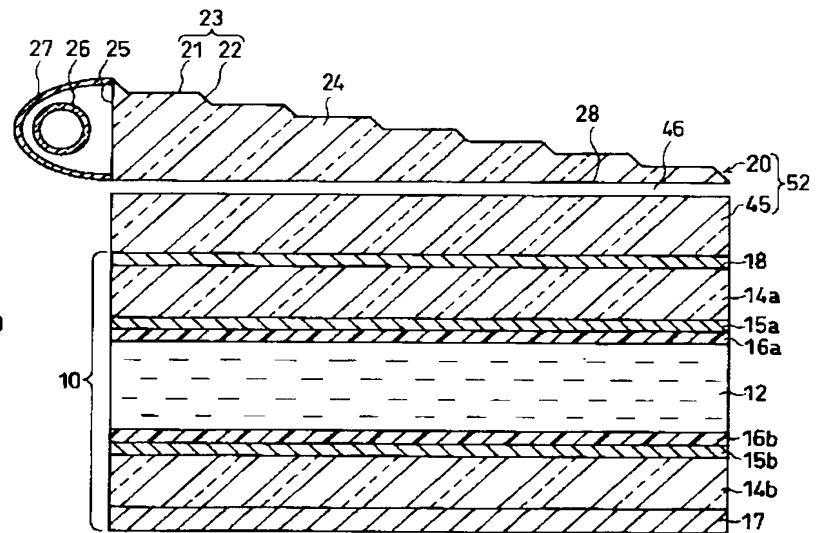
【図9】



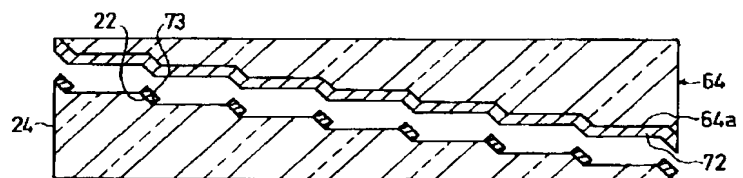
【図10】



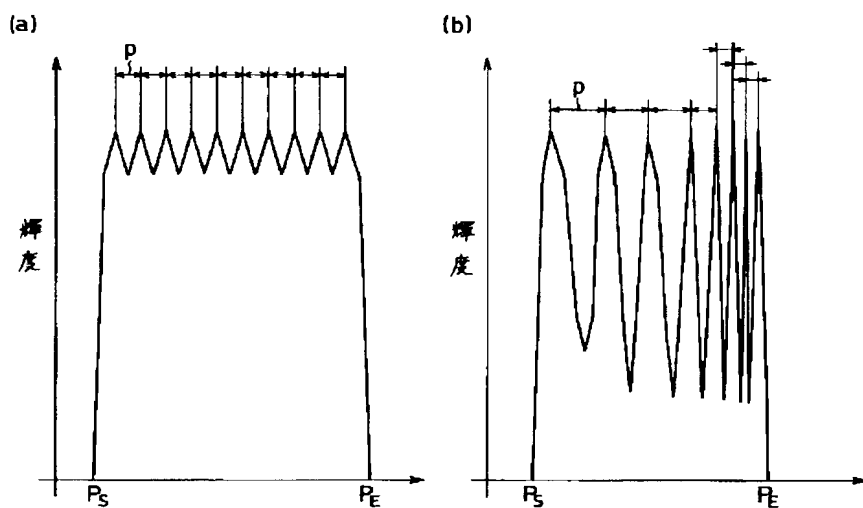
【図12】



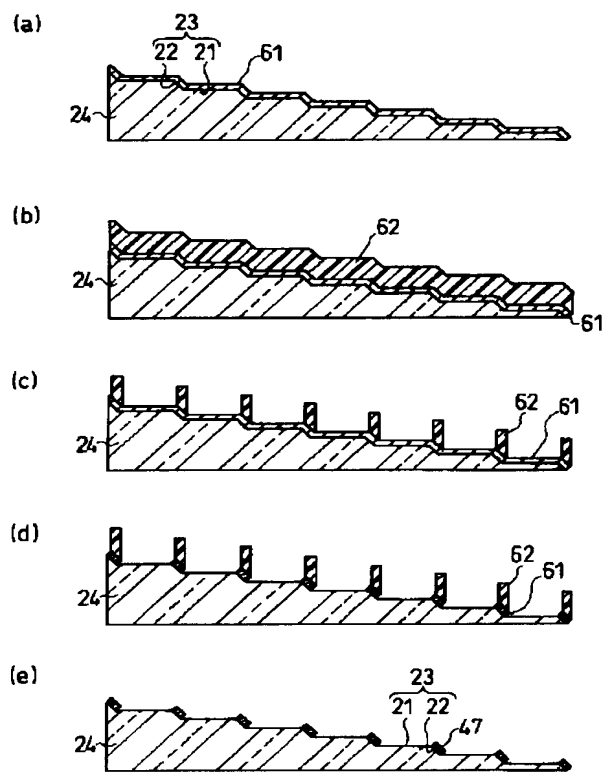
【図23】



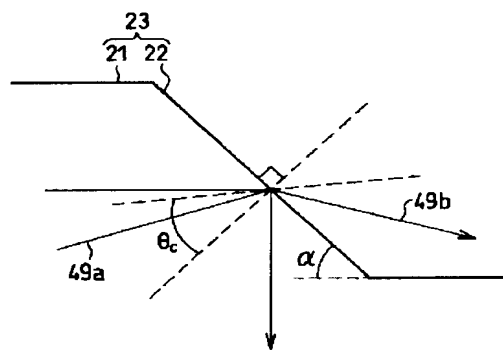
【図 11】



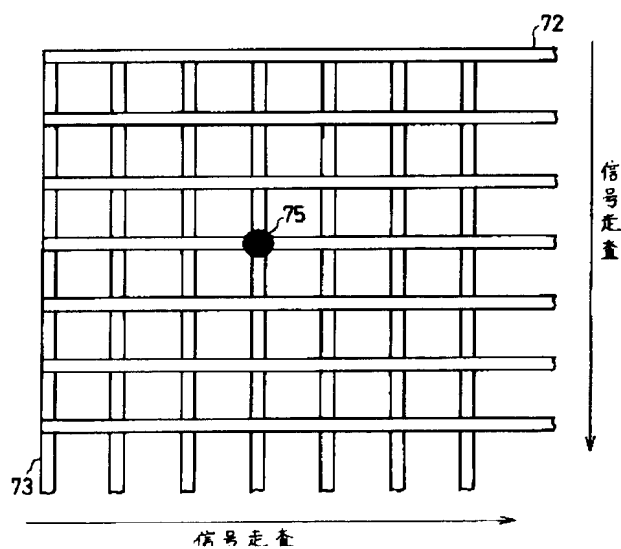
【図 17】



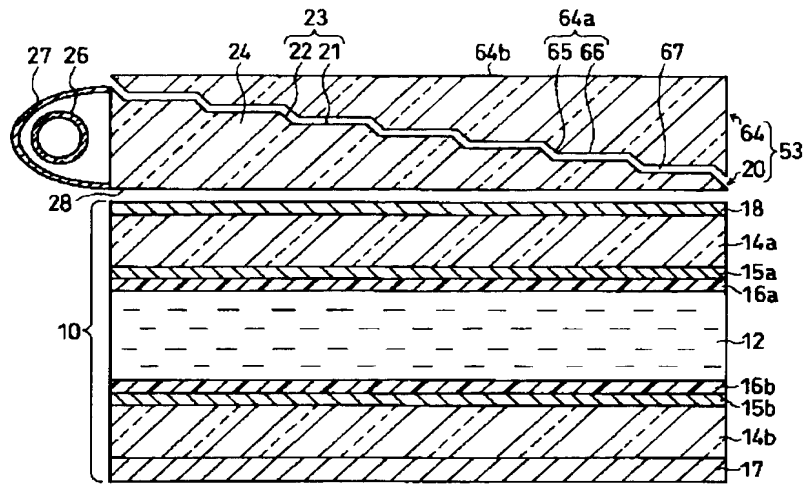
【図 18】



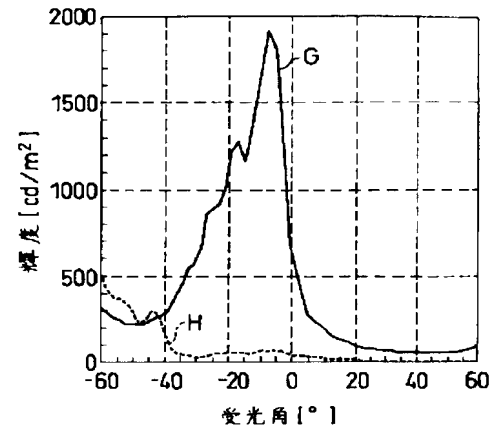
【図 25】



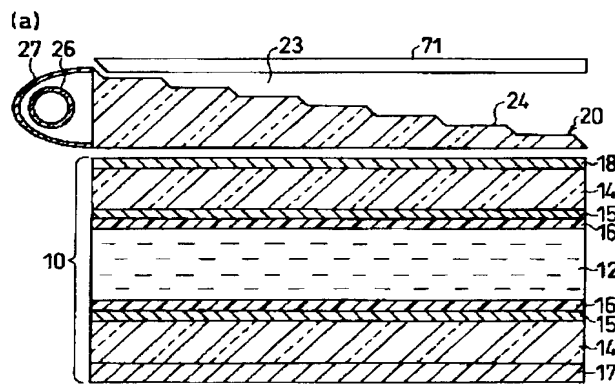
【図20】



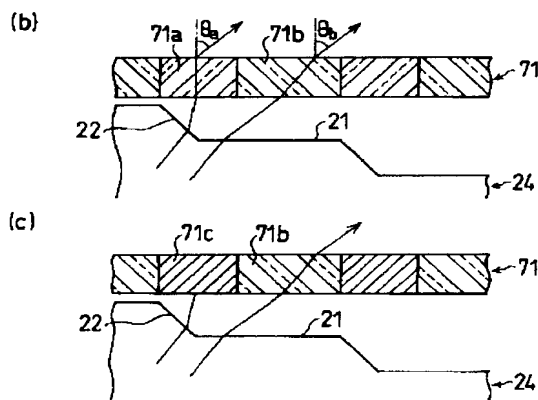
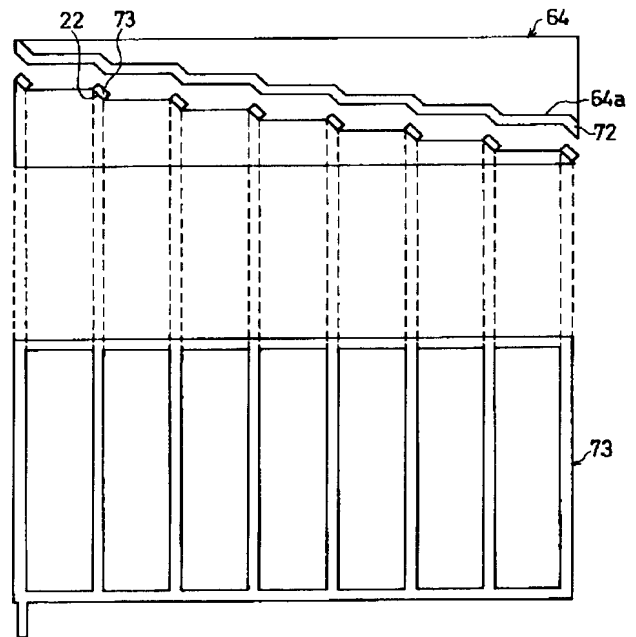
【図42】



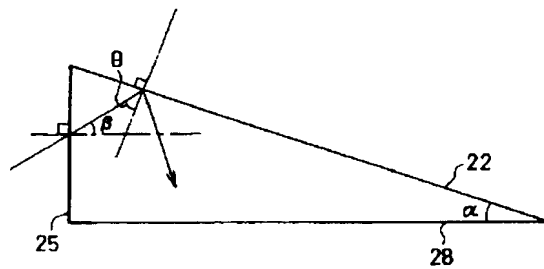
【図22】



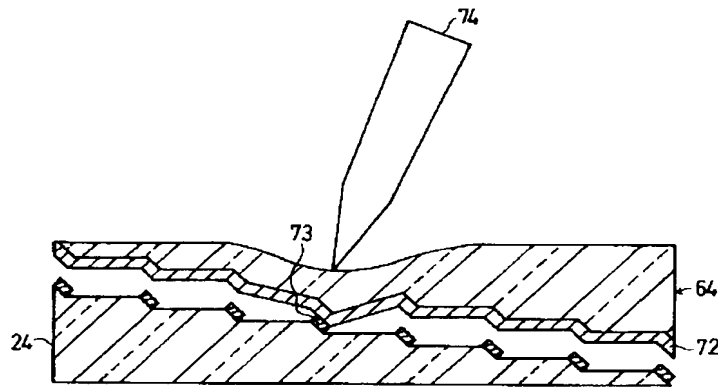
【図24】



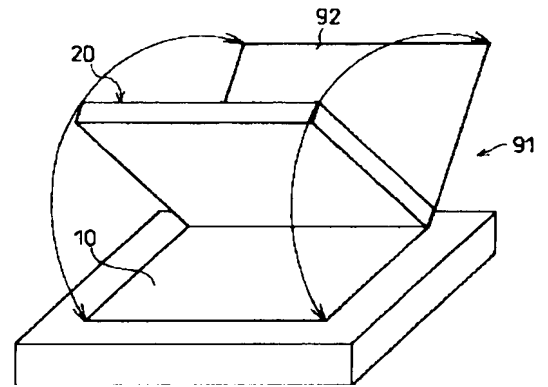
【図28】



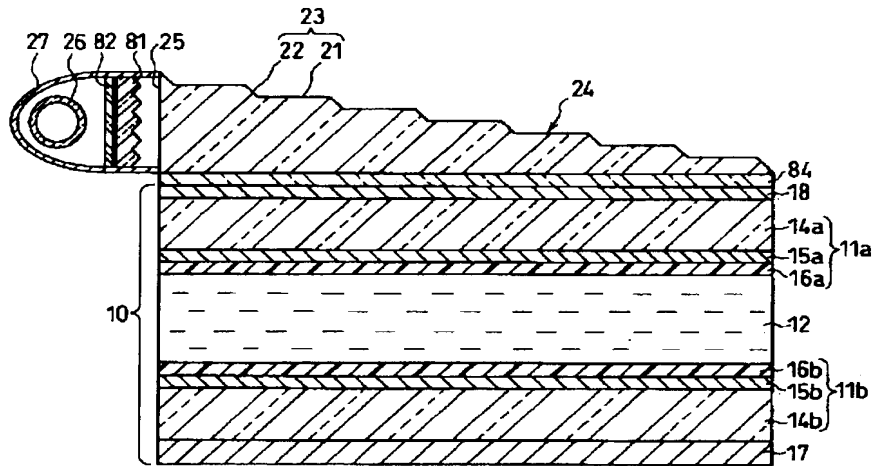
【図26】



【図34】



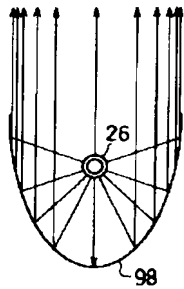
【図27】



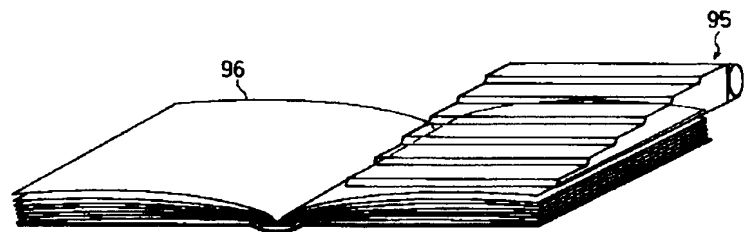
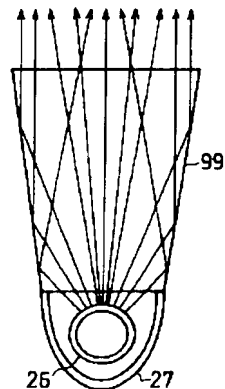
【図30】

【図35】

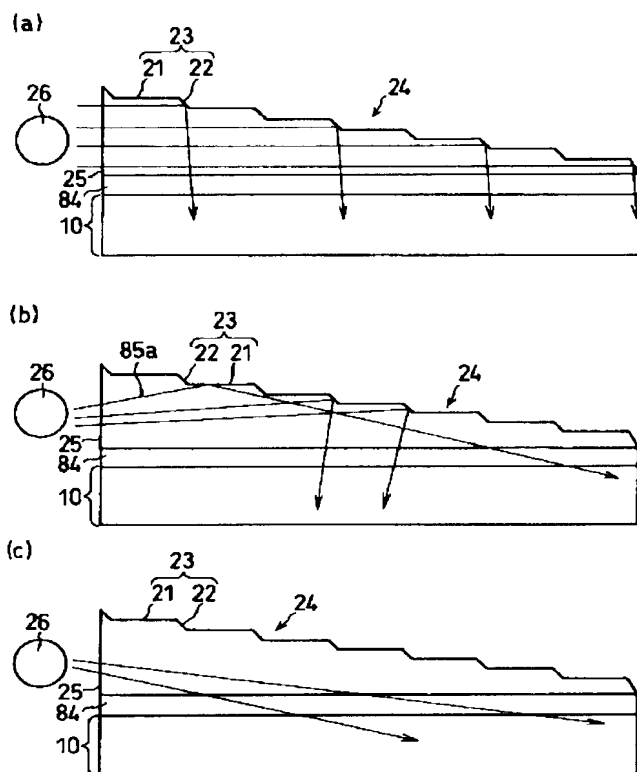
(a)



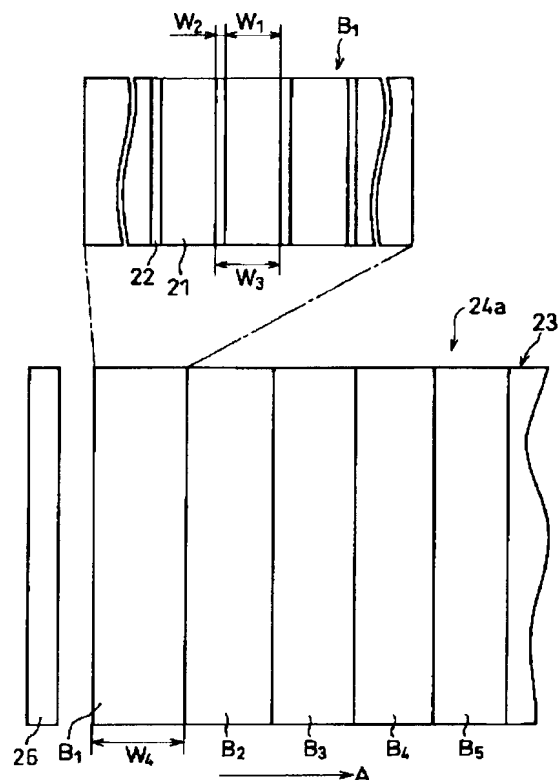
(b)



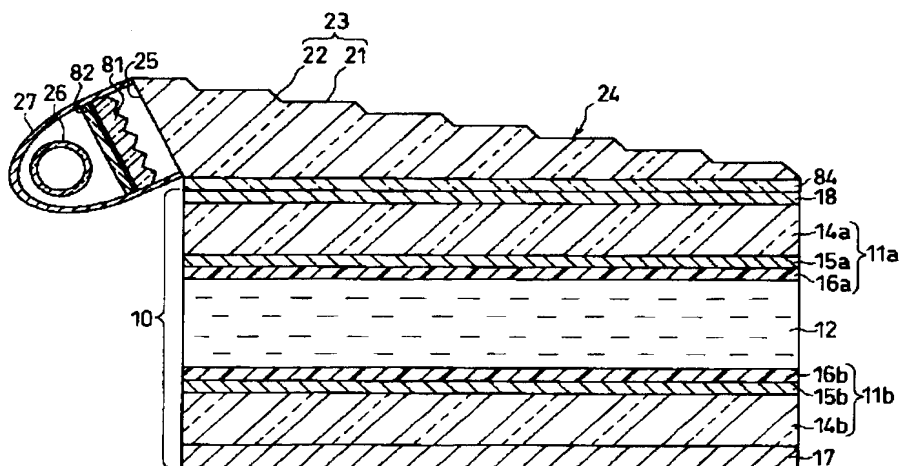
【図31】



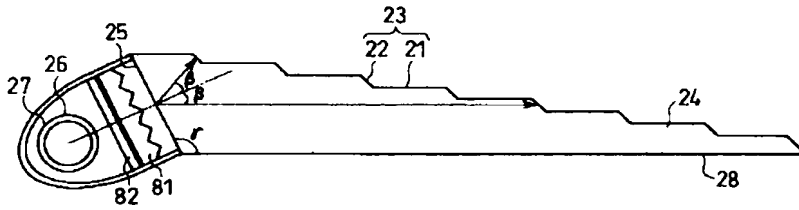
【図39】



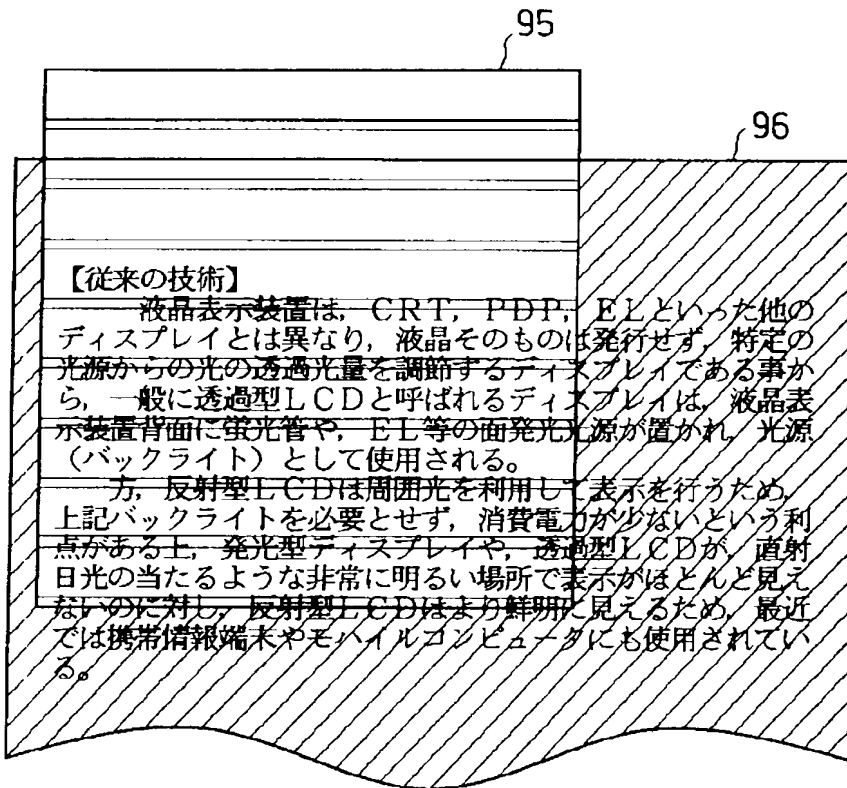
【図32】



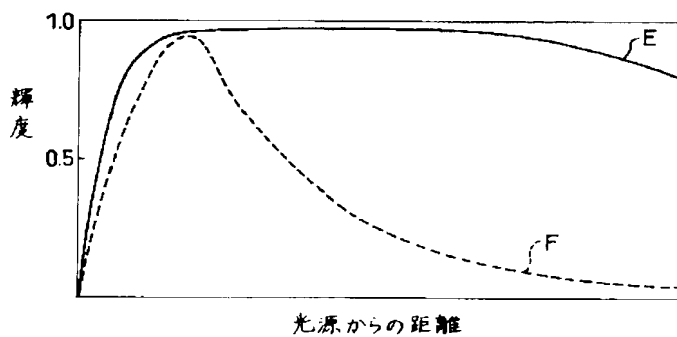
【図33】



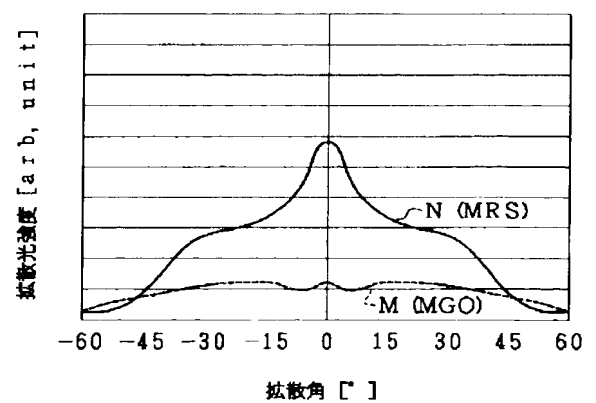
【図36】



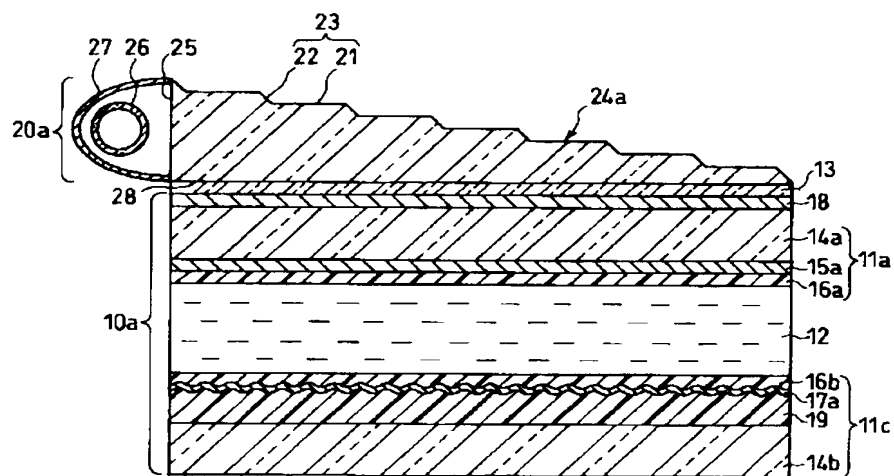
【図41】



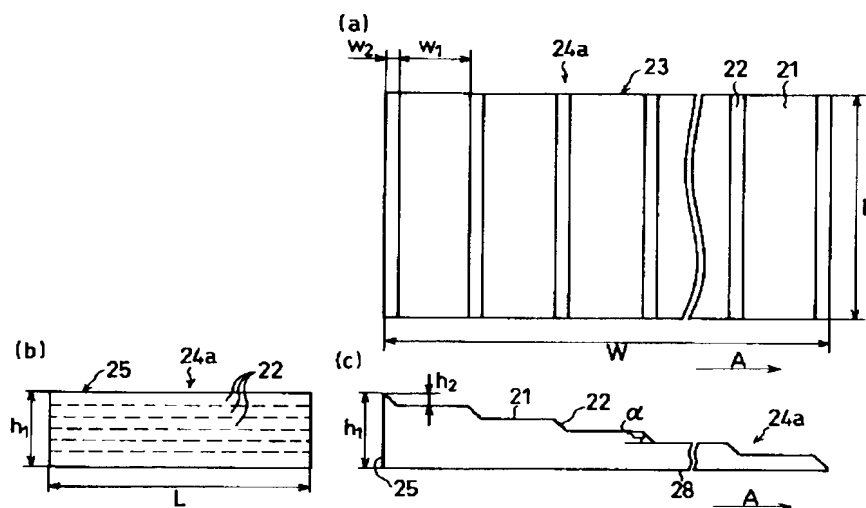
【図45】



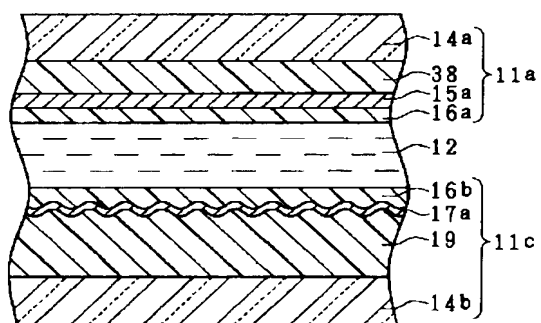
【図37】



【図38】

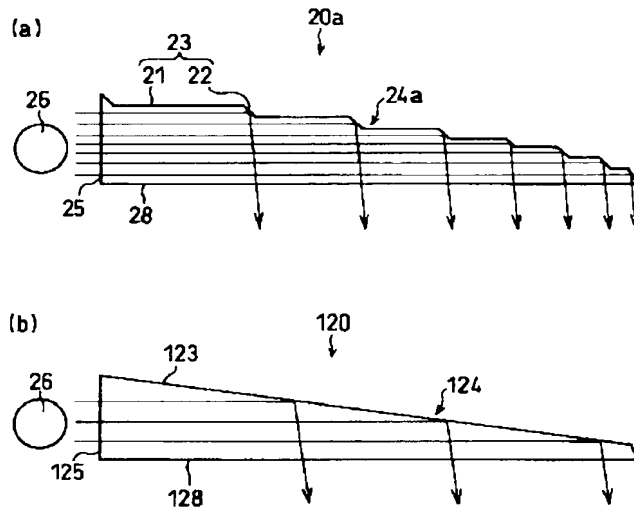


【図46】

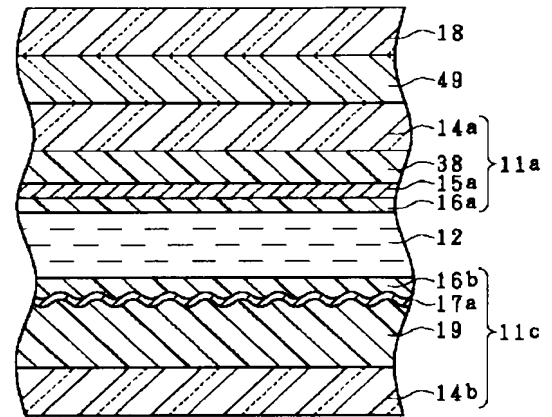




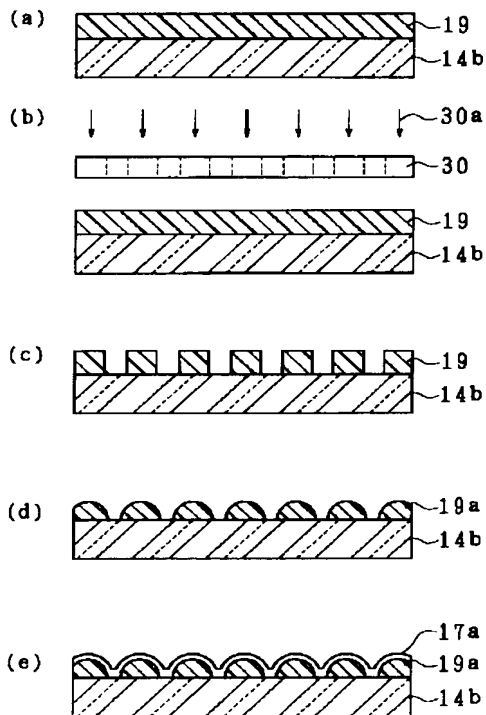
【図40】



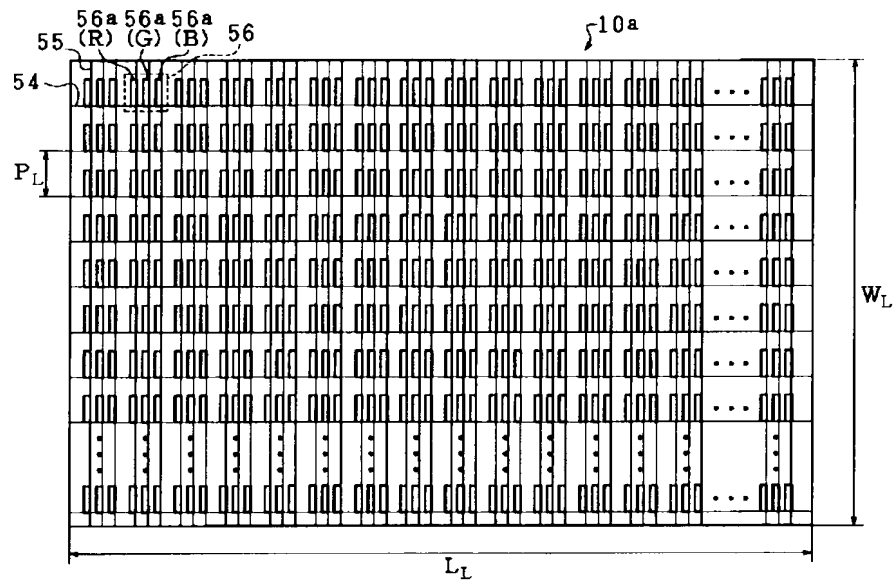
【図43】



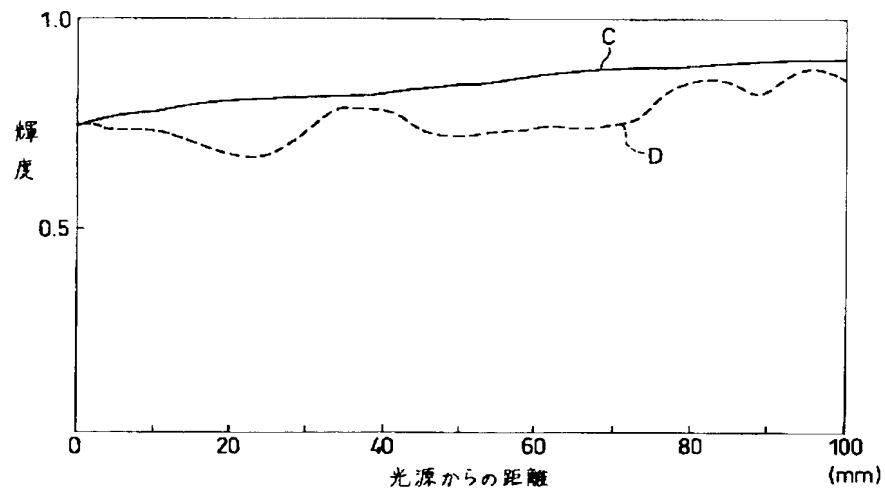
【図44】



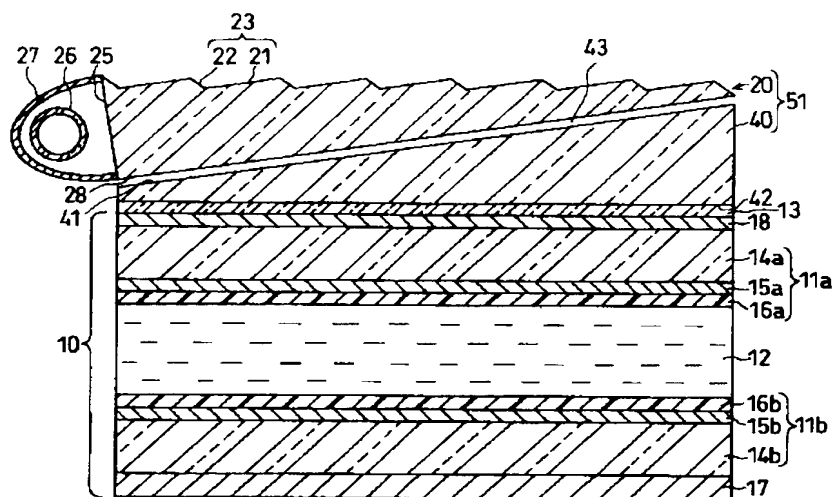
【図47】



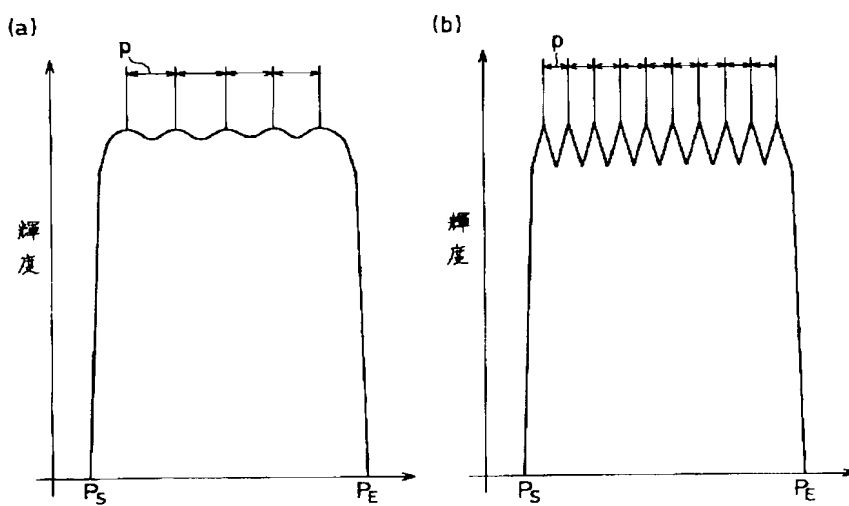
【図48】



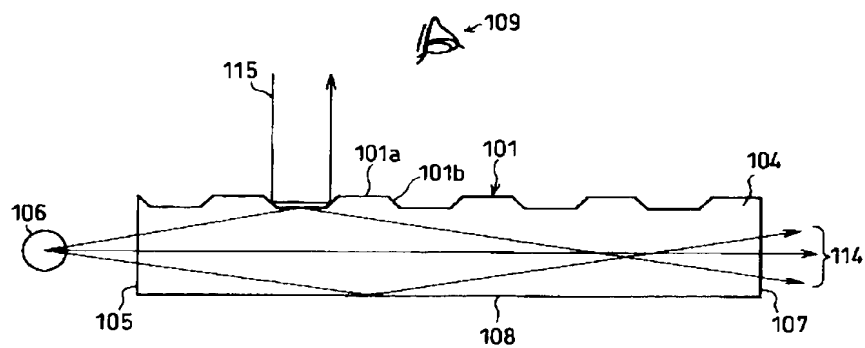
【図49】



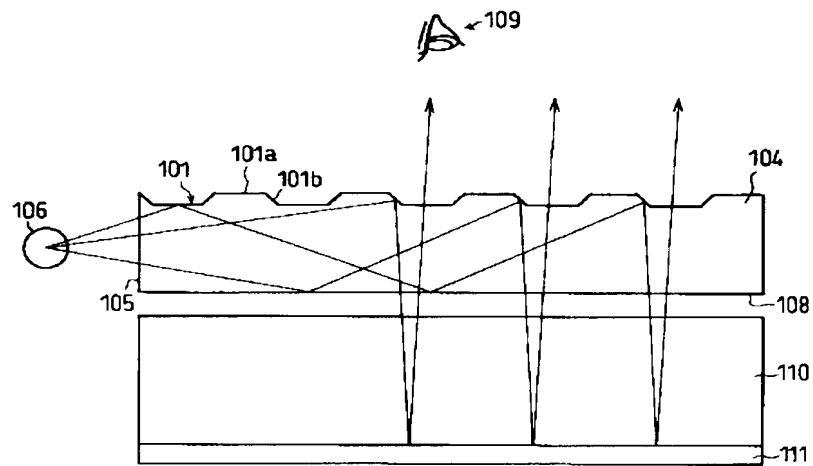
【図50】



【図52】



【図51】



フロントページの続き

(72)発明者 海老 毅  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内